

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА  
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

*На правах рукописи*

**Илларионова Ольга Алексеевна**

**Зелёная инфраструктура приречных территорий  
в крупных городах России**

1.6.21. Геоэкология

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Москва – 2023

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРИРЕЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ И ЗЕЛЁНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ</b> .....	9
1.1. Город и урбанизация в контексте геоэкологических проблем .....	9
1.2. Приречные территории как особый тип городского пространства .....	15
1.3. Зелёная инфраструктура как часть приречных территорий города .....	46
<b>ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	58
2.1. Критерии выбора объектов исследования .....	58
2.2. Общая физико-географическая характеристика городов и их приречных территорий .....	63
<b>ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	86
3.1. Предварительный этап исследования .....	88
3.2. Этап компонентной оценки .....	98
3.3. Итоговый оценочный этап .....	121
<b>ГЛАВА 4. СОСТАВ И ФУНКЦИИ ПРИРЕЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ</b> .....	125
4.1. Расположение и конфигурация приречных территорий .....	125
4.2. Функциональное зонирование приречных территорий .....	128
4.3. Состав и структура приречной зелёной инфраструктуры. ....	139
<b>ГЛАВА 5. ВКЛАД И РОЛЬ ПРИРЕЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА В КРУПНЫХ ГОРОДАХ</b> .....	155
5.1. Вклад приречных территорий в формирование городских экосистемных услуг .....	155
5.2. Приречные территории как «водно-зелёные» коридоры в городах .....	171
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	181
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	181
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....	185

## ВВЕДЕНИЕ

**Постановка проблемы и актуальность исследования.** Реки и прилегающие к ним приречные территории (ПРТ) выступают важной частью городской среды, определяя как возможности территориального развития городов, так и его ограничения. Несмотря на значительную трансформированность в городских условиях, их территориальные комплексы формируются под влиянием как природных, так и антропогенных, в частности, градостроительных факторов. Экосистемы незапечатанных приречных территорий (т.е. их зеленая инфраструктура) способствуют регулированию поверхностного и подземного стока, городского микроклимата, сохранению биологического разнообразия околоводных и водных местообитаний, предоставляют возможности для занятия горожан разными видами рекреации.

Ухудшение экологической обстановки в городах, деградация сохранившихся городских природных территорий из-за экспансии городской застройки и нарастающая востребованность приречных территорий для рекреации определяют необходимость дополнительного исследования состояния и функций как самих ПРТ, так и их зеленой инфраструктуры. Особенно актуальна эта проблема для крупных городов России (с численностью населения более 500 тыс. человек), в которых проживает около 44 млн. жителей страны (более 30% от общего населения страны) и уже длительное время ведется целенаправленная политика по созданию комфортной городской среды.

Наряду с несомненными успехами в части методического обеспечения подобных работ следует отметить недостаточность методик, позволяющих оценивать внутригородские различия состояния и функций зеленой инфраструктуры не только по архитектурным, но и условно-природным ареалам, рассматривая обособленные части города (к которым относятся и приречные территории) с позиций эколого-географического подхода, учитывающего различные природные и зонально-климатические особенности городов.

**Цель исследования:** оценить ландшафтно-экологическое состояние зелёной инфраструктуры приречных территорий в крупных городах России на современном этапе градостроительного освоения.

В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие **задачи исследования:**

- 1) проанализировать факторы, определяющие формирование и современное состояние зеленой инфраструктуры приречных территорий в крупных городах;
- 2) разработать методику выделения приречных территорий и оценки ландшафтно-экологического состояния их зелёной инфраструктуры;
- 3) на примере крупных городов России, расположенных в разных зонально-климатических условиях, оценить ландшафтно-экологическое состояние зеленой инфраструктуры их приречных территорий;
- 4) определить вклад зелёной инфраструктуры приречных территорий в общегородской объем экосистемных услуг и их роль в водно-зеленом каркасе города.

**Объект исследования:** зелёная инфраструктура приречных территорий главных рек в крупных городах России. Более подробно рассмотрена инфраструктура следующих городов: Волгоград, Иркутск, Казань, Красноярск, Нижний Новгород, Омск, Ростов-на-Дону, Самара, Уфа, Хабаровск.

**Предмет исследования:** ландшафтно-экологическое состояние и экосистемные услуги зеленой инфраструктуры приречных территорий.

**Методология и методы исследования.** Теоретико-методологической базой исследования стало представление о современных ландшафтах как сложно организованных природно-антропогенных геосистемах, возникших в результате длительного взаимодействия общества и природы (Э.П. Романова, Л.И. Куракова, Е.В. Миланова, Н.Н. Алексеева и др.). Городские ландшафты относятся к категории техногенных комплексов, в которых в той или иной степени преобразованы все компоненты. Работа также опирается на представления в области городской экологии R.T. Forman (1997), который представляет город как мозаику застроенных и незастроенных территорий – «серой» и «зелёной» инфраструктуры, взаимосвязанных между собой.

При проведении исследования использованы сравнительно-географический, статистический и картографический методы, а также метод геоинформационного моделирования. Статистические расчёты и цифровое моделирование рельефа реализовано в программных пакетах ArcMap 10.3 и Saga 8.0.1. Картографирование

ареалов зелёной инфраструктуры и дешифрирование космических снимков проводилось в программном пакете ArcMap 10.3. Ландшафтно-экологические параметры были рассчитаны в программе Fragstat. Для уточнения реального использования территорий, ландшафтной приуроченности элементов зелёной инфраструктуры, степени и качества озеленения и благоустройства были проведены полевые обследования ПРТ в Волгограде, Красноярске, Нижнем Новгороде, Казани и Красноярске выполнено более 120 полевых описаний точек.

**Исходные материалы.** В основу исследования положены открытые геопространственные данные: спектральные космические снимки Landsat 8 с пространственным разрешением 30 м, цифровая модель рельефа Aster, векторные данные геопортала OpenStreetMap и данные собственных полевых обследований, проведенные в 2019-2022 гг. в 5 из 10 исследованных городов. Также были широко использованы статистические данные сайта Федеральной службы государственной статистики (Росстат), ежегодники Росгидромета, данные Федерального агентства водных ресурсов, генеральные планы городов.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Важнейшим фактором формирования и современного состояния зелёной инфраструктуры приречных территорий в крупных городах выступает характер трансформации речной долины и речного русла в черте города и выше по течению в ходе антропогенного освоения. Геоморфологическая приуроченность элементов зелёной инфраструктуры определяется, главным образом, сохранностью пойм и представленностью террасового комплекса на главной реке, тип наземного покрова – историей градостроительного освоения приречных территорий и их принадлежностью к функциональной зоне города.
2. Выделение приречных территорий на незастроенных участках в городах целесообразно проводить с использованием подходов, применяемых в геоморфологии, на застроенных – с дополнительным учетом планировочной структуры города. Оценка ландшафтно-экологического состояния зелёной инфраструктуры основана на учете функционального зонирования приречных территорий, абсолютных и относительных параметров озелененности, структуре наземного покрова и ландшафтных метрик фрагментарности.

3. Во всех изученных городах озелененность приречных территорий выше, чем общая озелененность города. В Хабаровске, Омске, Нижнем Новгороде и Иркутске по площади в составе зелёной инфраструктуры преобладает естественная луговая растительность пойменных островов и низких прибрежных пойменных массивов. В Волгограде, Ростове-на-Дону, Красноярске и Казани высока доля культурных древесных насаждений городских парков и скверов высоких пойм и надпойменных террас. Условно-естественные леса лучше всего представлены на надпойменных террасах в Уфе и Самаре.
4. Вклад зелёной инфраструктуры приречных территорий в общегородской объём экосистемных услуг выше, чем их вклад в площадь города. Роль транзитных элементов в водно-зеленом каркасе города лучше всего выполняют поймы и/или острова с минимально фрагментированной зелёной инфраструктурой в Красноярске и Омске. Слабее всего транзитные функции выражены в Казани и Ростове-на-Дону, где несмотря на высокую общую озелененность приречных территорий, зелёная инфраструктура существенно фрагментирована и отсутствуют значительные по площади рекреационные зоны.

#### **Научная новизна работы:**

1. Определены и обобщены факторы формирования и трансформации зелёной инфраструктуры приречных территорий в крупных городах России;
2. Разработаны методика выделения приречных территорий в крупных городах в условиях разных эколого-географических ситуаций и алгоритм оценки ландшафтно-экологического состояния зелёной инфраструктуры и функций приречных территорий на основе общедоступных геопространственных данных;
3. На основе единого алгоритма проведена оценка современного ландшафтно-экологического состояния и степени фрагментарности зелёной инфраструктуры приречных территорий для 10 крупных городов России: Нижнего Новгорода, Казани, Волгограда, Самары, Омска, Уфы, Ростова-на-Дону, Красноярска, Иркутска и Хабаровска;
4. Определена роль зелёной инфраструктуры приречных территорий в системе водно-зеленого каркаса городов с разной историей градостроительного освоения.

**Научно-практическая значимость.** Теоретические и практические результаты работы могут быть использованы в работах по градостроительному проектированию и обустройству городских ландшафтов. Оценка состояния зелёной инфраструктуры выполнена на основе открытых геопространственных данных, что является необходимым условием для проведения такого рода исследований на городском уровне в масштабах страны. Разработанная система качественных и количественных показателей может быть использована для оперативной оценки состояния ПРТ и их зелёной инфраструктуры в крупных городах России, ее результаты будут полезны для дальнейшего благоустройства приречных территорий и учёта их экосистемных функций для формирования комфортной городской среды.

Полученные результаты также могут быть использованы в учебном процессе при чтении курсов при подготовке экологов, географов и градостроителей.

**Личный вклад.** Автором лично разработан алгоритм оценки экосистемных услуг приречных территорий и зелёной инфраструктуры по блокам индикаторов на основе открытых геоданных. Составлены карты наземного покрова 10 исследованных городов (Нижний Новгород, Казань, Волгоград, Самара, Омск, Уфа, Ростов-на-Дону, Красноярск, Иркутск, Хабаровск), выделены их приречные территории, а также рассчитана фрагментарность зелёной инфраструктуры на ПРТ. Проведены полевые обследования с получением описаний объектов исследования. Методы дешифрирования космических снимков для оценки и инвентаризации зелёной инфраструктуры, выборки природно-культурных аттракторов, расчёта фрагментарности растительного покрова, а также подходы к пространственному моделированию на основе цифровых моделей рельефа для выделения приречных территорий были разработаны совместно с к.г.н. О.А. Климановой и д.г.н. Е.Ю. Колбовским.

**Достоверность результатов.** Достоверность результатов исследования подтверждается всесторонним анализом теоретических подходов, применяемых для анализа состояния зелёной инфраструктур городов и формирования приречных территорий, а также применением современных методов геоинформационного и статистического моделирования. Результаты по инвентаризации растительного покрова были экспертно верифицированы автором по космическим снимкам сверхвысокого разрешения при помощи опции Basemap в ArcMap 10.3,

функциональное зонирование и современное состояние приречных территорий во многих городах исследования были уточнены в ходе полевых исследований.

**Апробация работы.** Результаты исследования были представлены автором в 2019-2022 гг. на 6 международных конференциях, в т.ч. на конференциях *Современные направления развития физической географии: научные и образовательные аспекты в целях устойчивого развития* (Минск, Беларусь); *Биоразнообразие и экосистемные услуги: принципы управления в России и международные процессы* (Москва, Россия); конгрессе *Cities, regions and digital transformations: opportunities, risks and challenges* (Лион, Франция); *Smart and Sustainable Cities Online Conference* (Москва, Россия); *Мировая экологическая повестка и Россия* (Москва, Россия); *Международный опыт в изучении актуальных проблем географии: просто о сложном* (Москва, Россия), а также в рамках семинаров летней школы *3MUGIS International Summer School*.

Разработанные подходы также использовались при выполнении проекта «Оценка биоразнообразия и экосистемных услуг в Российской Федерации – принципы управления и международные процессы», выполненного при поддержке Федерального министерства окружающей среды Германии и Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Методические подходы к оценке рекреационных функций и ёмкости территории внедрены в практику при составлении методических рекомендаций по оценке экологической ёмкости туристских территорий Российской Федерации (Министерство экономического развития России, 2019).

**Публикации.** Материалы исследования изложены в 11 печатных работах, в том числе в 6 изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus.

**Структура и объём работы.** Работа состоит из введения, 5 глав, заключения и списка используемой литературы.

**Благодарности.** Автор выражает благодарность научному руководителю доценту, к.г.н. Климановой О.А. за помощь и поддержку на всех этапах выполнения работы; в.н.с. д.г.н. Колбовскому Е.Ю. за ценные советы по организации работы и подбору методов исследования; к.г.н. Алексеевой Н.Н. за важные предложения касательно её структуры и содержания; д.г.н. Чалову Р.С. и д.б.н. Букварёвой Е.Н. за научные консультации.



## ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРИРЕЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ И ЗЕЛЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

### 1.1. Город и урбанизация в контексте геоэкологических проблем

Развитие человечества на протяжении всей его истории всегда сопровождалось появлением и ростом населённых пунктов, которые становились центрами развития общественных отношений и зарождения общественного разделения труда. Позже города стали и центрами промышленной революции, что повлекло их дальнейший рост и отчуждение от сельских поселений. Многие старинные города изначально являлись небольшими населёнными пунктами, едва ли отличаясь от деревни. Однако со временем контраст между растущими и развивающимися городскими и малыми сельскими поселениями возрастал. Города стали мощной силой для обеспечения устойчивого экономического роста и развития. Они стимулируют инновации, потребление и инвестиции как в развитых, так и в развивающихся странах. Вместе с тем, города — это продуктивные системы, с помощью которых можно решить большинство глобальных проблем XXI века. Благодаря своему уникальному характеру концентрации населения и инвестиций, города связывают экономические, энергетические, геоэкологические, научные, технологические и социологические элементы развития, необходимые для разработки комплексной политики и достижения устойчивого развития. Исследования на городском уровне должны учитывать как интересы людей, так и задачи сохранения окружающей среды в городских условиях, и таким образом гарантировать, чтобы ни один из составляющих город элементов не был упущен впоследствии при принятии решений. Это делает города важной нитью, соединяющей все Цели в области устойчивого развития (UN Habitat, 2022).

Сегодня численность населения мира практически достигла 8 млрд. человек, и 57% мирового населения проживает в городах, которые занимают всего лишь 2% поверхности суши, но потребляют более 70% сырьевых и энергетических природных ресурсов в мире (PRB, 2022). Поэтому, несмотря на уникальные возможности, предоставляемые городами для интеграции природы, общества и экономики, их существование не гарантирует успеха на пути к устойчивому развитию. Города сами часто являются местом зарождения глобальных и

региональных проблем человечества. Рост урбанизации сопровождается появлением новых специфичных проблем как социально-экономического, так и геоэкологического характера, и именно в городах максимально проявляется влияние человека на окружающую среду. Здесь человек трансформирует и приспособливает ландшафт под свои нужды в наибольшей степени, образуя так называемый «урболандшафт» - ландшафт в черте города, который был сформирован в результате градостроительного преобразования территории с однородной природной основой и определенным типом градостроительного использования (Кочуров, 2015). Таким образом, город – это сложная система, сочетающая в себе как природные условия развития территории (климатические условия, существующая естественная растительность, характер рельефа, эрозионная активность, представленность разных природных ресурсов и т.д.), так и социальные, экономические и исторические (изменение всех этих условий во времени). Проблемы взаимодействия природы, общества и экономики, практически никогда не находящиеся в равновесии, но постоянно стремящихся к компромиссу, являются уникальной и одной из наиболее ярких черт крупного города. Примечательно, что многие аспекты именно этих проблем исследуется в рамках геоэкологии – междисциплинарном научном направлении, изучающем экосферу как взаимосвязанную систему геосфер в процессе её интеграции с обществом (Голубев, 2013), что позволяет считать город одним из наиболее интересных и эталонных объектов геоэкологических исследований, где взаимодействие этих трёх факторов выражено в наилучшей степени. В связи с этим, методы ландшафтных исследований на плотно застроенных урбанизированных и природных территориях могут разительно отличаться. Во-первых, в силу трансформированного ландшафта и сложности определения генезиса многих микро- и мезоформ рельефа, растительного и почвенного покровов. Во-вторых, из-за отличных от природных условий функционирования экосистем и нарушенных круговоротов вещества и энергии в городе. И в-третьих, в связи с более антропоцентричными задачами, которые стоят перед геоэкологами-урбанистами. В городе архитектурная, планировочная и функциональная структура территории имеет не меньшее значение, чем её физико-географическая характеристика, поскольку наравне с природными условиями влияет на комфортность и безопасность городского населения.

Трансформированные и благоустроенные урбанизированные территории отличаются от природных не только внешне, но и на более глубоком уровне. В результате запечатывания земель (*land sealing* – покрытие или «запечатывание» естественного земельного покрова искусственными материалами), увеличивающейся нагрузки на грунт, изменения рельефа, типа земельного покрова и химического состава сфер в пределах города меняются интенсивность и направление природных процессов. Например, искусственные материалы, покрывающие большие площади в городе, приводят к увеличению приземных температур и уменьшению подземного стока, могут способствовать развитию более интенсивной эрозии на склонах в результате повышенного поверхностного стока. Создание крупных промышленных производств и рост автомобильного транспорта в городах сопровождается ухудшением качества атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв, что влечёт за собой риск роста заболеваемости населения. Высокая плотность застройки и однообразие городских ландшафтов создаёт в городе агрессивную визуальную среду и дефицит рекреационных территорий, что может негативно влиять на психическое здоровье городского населения.

Однако, вместе с тем на урбанизированных территориях создаётся специальная инфраструктура для борьбы со многими нежелательными последствиями освоения городской территории. Так называемая «серая инфраструктура» (*grey infrastructure*) для этих целей подразумевает объекты полностью искусственного происхождения. К ним, например, относится ливнёвка, берегоукрепление, покраска зданий и разнообразие их дизайна, оформление улиц, транспорт без двигателя внутреннего сгорания и т.д. Помимо серой инфраструктуры, для смягчения негативного воздействия города на городскую среду используются и более природно-ориентированные подходы (*nature-based solutions*), среди которых выделяется создание и поддержание зелёной инфраструктуры (*green infrastructure*), т.е. незапечатанных, природных и условно-природных территорий в городе. Развитие и изучение данных подходов к обеспечению комфортной и безопасной городской среды сегодня являются важным направлением концепции Устойчивого Развития. Приоритеты в развитии городской среды, в том числе и с позиций устойчивости, отражены в Целях устойчивого

развития, принятых на саммите ООН в 2015 г., где цель 11 связана с обеспечением безопасности и экологической устойчивости городов и населенных пунктов.

На сегодняшний день научное сообщество не пришло к общепринятым критериям, определяющим город. Уникальность городской формы, фрагментарность урбанизированных территорий, пространственное и функциональное размытие границ между городскими и сельскими районами, а также сложные тенденции роста, порождающие разнообразие моделей и условий, затрудняют процесс обособления городских пространств и разработку единого, универсально применимого определения города. В настоящее время существует множество различных определений, которые варьируются в зависимости от страны и региона. В некоторых государствах используется только один критерий (например, пороговое значение численности населения); в других используется сочетание критериев (например, численность населения, плотность, административное разграничение, экономическая занятость, транспортная связность и т.д.). Использование столь разнообразных критериев (некоторые из которых несовместимы) затрудняют согласование единого значения. В равной степени термин «город» используется взаимозаменяемо с другими понятиями, такими как собственно город, городская территория, городская агломерация, агломерация, мегалополис и т.д., что еще больше усложняет процесс разработки единого определения. Эти понятия различаются не только методами анализа, но и пространственным масштабом, который они охватывают, что, следовательно, влияет на включаемое или исключаемое ими население при оценке критериев. Согласно результатам исследования ООН, изложенным в докладе Перспективы мировой урбанизации (*UN World Urbanization Prospects*), среди исследованных 223 стран в 104 используется только один критерий определения города, это либо административные функции, либо плотность или численность населения; в 108 странах используется сочетание критерия численности или плотности населения и ещё одного критерия; в 12 странах вообще отсутствуют чёткие критерии определения города, а ещё в 12 странах всё население считается городским.

Одним из наиболее часто используемых критериев определения города в мире является численность населения, однако его пороговые значения также сильно разнятся (от 200 чел. в Исландии до 50 000 чел. в Японии и 100 000 чел. в КНР) (UN

Habitat, 2022). Ещё больше разночтений с понятием «крупный город», поскольку уровень урбанизации и численность населения в мире по странам и регионам крайне неоднородны. Организация экономического сотрудничества и развития (*Organisation for Economic Co-operation and Development* - OECD) определяет крупный город как поселение с численностью населения не менее 50 тыс. чел. и плотностью населения на всей территории города не менее 1500 чел./км<sup>2</sup> (Dijkstra, 2021). В наиболее плотно населённых и урбанизированных странах, крупными считаются города с численностью населения более 200 тыс. чел) (UN Habitat, 2022).

Исходя из большинства используемых критериев, Программа ООН по населённым пунктам (UN Habitat) даёт следующее определение: «Город – это постоянный населённый пункт с официально закреплёнными за ним административными границами и с относительно большой численностью и плотностью населения, которое преимущественно занято не сельским хозяйством».

В России критериями для присуждения населённому пункту статуса города выступают не только численность населения (более 12 тыс. чел.), но и доля занятости населения в сельском хозяйстве (не более 15 %). Также у российской классификации городов по размеру существуют свои пороговые значения (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Классификация российских городов по размеру (согласно СНиП 2.07.01-89) и численность населения городов.

<b>Группа</b>	<b>Численность населения, тыс. чел.</b>	<b>Количество городов каждой группы на 2020 г.</b>	<b>Численность населения каждой группы в 2020 г., тыс. чел</b>	<b>Доля населения каждой группы от общей численности городского населения России, %</b>
Крупнейшие	>1000	15	33,7	33
Крупные	250-1000	63	28,3	28
Большие	100-250	95	14,5	14
Средние	50-100	150	10,3	10
Малые	<50	794	15,9	15
<i>ВСЕГО</i>	-	1303	102,7	100

*По данным Росстат за 2020 г.*

Городское население России составляет около 75% от общей численности населения и по данным Росстат за 2020 г. проживает в 1303 городах. Более половины городского населения проживает в городах с численностью населения свыше 250 тыс. чел., что в свою очередь составляет около 40% всего населения страны. 15 крупнейших городов России ежегодно производят около 25 трлн. руб., то есть около 33% от ВВП страны (Институт экономики города, 2019), тогда как проживает в них более 33,5 млн. чел. – это более 30% городского населения страны. На все города России приходится более 65% национального ВВП (Свод принципов комплексного развития городских территорий, 2019). Практически все города-миллионники испытывают с начала XXI века рост численности населения. Несмотря на то, что во многих городах тяжёлая промышленность была вынесена за пределы административных границ, рост количества автомобильного транспорта (в 2017 г. во всех миллионниках насчитывалось около 9,8 млн. автомобилей (Автостат, 2019)), модернизированные предприятия и теплоэлектростанции продолжают оказывать негативное воздействие на городскую среду. По данным исследований интегральной оценки экологической ситуации городов России (Битюкова, 2014), около 50% городского населения России проживает в условиях высокого и очень высокого воздействия загрязнённых поверхностных вод и атмосферного воздуха. Среди городов с максимальными показателями интенсивности воздействия этого типа имеется три, включённых в данное исследование: Красноярск, Иркутск, Хабаровск. Исследования, выполненные в рамках реализации национального проекта «Формирование комфортной городской среды», также выявили, что более 40% жителей городов России испытывает недостаток городского озеленения и около 60% горожан считает свои районы однообразными с дефицитом мест для культурного отдыха (КБ «Стрелка», 2022). Более того, по данным на 2017 г., более 80% городов России имеют неблагоприятную среду, в т.ч. более чем в половине российских городов значительная часть озелённых территорий находится в неудовлетворительном состоянии, а показатели загрязнения воздуха превышают допустимые значения (Свод принципов комплексного развития городских территорий, 2019).

Для повышения качества жизни в городах в России реализуются федеральные целевые программы и национальные проекты по улучшению городской среды. Один

из таких проектов – «Формирование комфортной городской среды» (2016-2021 гг.), который осуществлялся в рамках федерального проекта «Жильё и городская среда» - был нацелен на обеспечение комплексного развития современной городской инфраструктуры на основе единых подходов и на разработку системы оценки качества городской среды для формирования индекса качества городской среды. В результате реализации проекта был разработан Стандарт комплексного развития территории, который предлагает шесть принципов (полифункциональность, транспортная доступность и комфортность, плотность населения, гибкость и адаптивность, соответствие жилья потребностям горожан, безопасность и здоровье) и три модели (по преобладающей этажности городского района: малоэтажная, среднеэтажная, центральная) развития города. Экологическая ситуация в городе, а также качество и доступность озеленённых общественных пространств рассматриваются для всех трёх моделей и включены преимущественно в принцип о безопасности и здоровье горожан.

Внося столь высокую долю в общий объём национального ВВП, крупные города России, с одной стороны, являются важными двигателями экономики и предоставляют большое количество рабочих мест населению. Однако, с другой стороны остаются крупными очагами загрязнения как на локальном, так и на региональном уровне. Учитывая, что значительная часть населения страны проживает в этих городах, можно сказать, что проблемы данных объектов затрагивают большинство городского населения России и потому требуют оптимальных решений.

## **1.2. Приречные территории как особый тип городского пространства**

*Развитие взаимоотношений реки и города.* История появления, развития и роста городов тесно взаимосвязана с реками, на которых они возводились. Все величайшие древние цивилизации (Древний Китай, Древний Египет, Шумерское царство, Индская цивилизация) зарождались в долинах крупных рек, которые были для них основными источниками питьевой воды. Ценность реки отражается даже в религиозных обрядах и традициях многих народов, зачастую предписывающих ритуальные омовения в ней. Города строились на крупных реках, где плодородные речные равнины и пресная вода для орошения позволяли создавать в

непосредственной близости обширные сельскохозяйственные угодья, способствуя решению продовольственных задач (Singh, 2009).

На ранних этапах развития цивилизаций численность населения, урбанизация, строительство, сельское хозяйство и прочая человеческая деятельность находились с реками в относительном равновесии – антропогенные последствия не оказывали столь высокого воздействия на речные и приречные экосистемы. Напротив, человек во многом сам определял масштаб и направление своей деятельности – границы населений, размеры сельхозугодий, время вспашки и т.д. в зависимости от природных свойств рек. Этим объясняется и «возвеличивание» реки многими древними цивилизациями – она считалась выше и сильнее человека, неподвластной ему до конца. Таким образом, первыми и наиболее важными экосистемными услугами приречных и речных пространств в древних городах считались, во-первых, продукционные – питьевая вода и вода для орошения; во-вторых, средоформирующие – плодородные земли речных долин для земледелия; и помимо этого культурные экосистемные услуги – река, как сакральный объект поклонения, ритуальное место. Несколько позже река получила новую важнейшую связующую функцию: объединяя города, она способствовала развитию технологий и их обмену, а также торговле, что особо ярко проявилось в Средние века, но имело место и в более ранние периоды. Приречные территории в городах были заняты портами, как рыболовными, так и торговыми. Также довольно рано реки стали использовать в качестве источника энергии – на берегах постепенно начали появляться водяные мельницы (Singh, 2018).

В городах реки не только поддерживали жизнь населения и обеспечивали рост промышленности и индустриализации, но и напрямую влияли на форму города. Реки формировали город на внутреннем и внешнем уровнях: крупные водотоки могли разделять город изнутри на разные районы, являясь естественным барьером (например, низкий берег реки в городах чаще подвергался затоплениям и являлся менее безопасным, но с другой стороны и более подходящим для портов, торговли, земледелия и позже промышленности, тогда как на высоком берегу напротив обычно формировались аристократические районы). С другой стороны, реки формировали внешние связи городов, соединяли их с морями и важными пунктами, обеспечивая население новыми товарами и технологиями. Другая форма



воздействия реки на город на внешнем уровне заключалась в том, что река приносила «извне» чистую воду в город, а её долина становилась воздушным коридором для свежего воздуха. Однако внешние связи реки и города носят не только положительный характер. Наводнения и повышенный сток, принесение загрязняющих веществ из источников выше по течению – это примеры отрицательных внешних связей, требующих дополнительной инфраструктуры и особого планирования. Эти связи во многом определяются размером и порядком реки, положением города на ней и его планировочной структурой, а также гидрологическими особенностями водотока (Abshirini, 2016).

Многие авторы отмечают градообразующую функцию рек не только с точки зрения предоставления необходимых ресурсов, но и в аспекте формирования городского пространства. В этом смысле река и приречные территории являются «скелетом» города – именно они определяют расположение улиц и кварталов. Работы (Silva et al. 2006; Kubat et al. 2007; Asad, 2012; Mello, 2009) изучают взаимосвязь между численностью населения, её динамикой, длиной и шириной приречной территории, площадью водной поверхности, количеством мостов и прочими особенностями градо-речной системы для выявления закономерностей городского планирования. Под градо-речной системой (*river-city system*) в подобного рода исследованиях понимают единую систему из гидрографической и урбопланировочной сетей, которые рассматриваются и оцениваются на одном уровне, взаимодействуют и по-разному влияют друг на друга. Несмотря на то, что данные работы выявляют схожие зависимости между демографическими, социальными, инженерно-планировочными и физико-географическими показателями, их степень влияния на градо-речную систему в значительной степени отличается в разных городах Европы.

Начало индустриализации в европейских городах не только повышает ценность реки в городе, но и капитально изменяет планировочную структуру (которая с раннего средневековья практически не менялась) за счёт создания новых инженерных сооружений. Водотоки внутри города в эту эпоху, скорее, представляли собой искусственно созданную, регулируемую и сильно антропогенизированную гидрографическую систему из крупных и соединительных каналов, резервуаров воды, дамб, плотин и технических прудов. Также в этот период река становится

элементом споров и конфликтов между водопользователями ввиду многочисленных практических функций, выполняемых речными водами: водяные мельницы время от времени спускали большое количество воды, вызывая кратковременные наводнения; рыбоводы так же часто забирали или спускали значительные объёмы воды в свои пруды, из-за чего объёма могло не хватать для мельниц и заводов; наконец, сброс бытовых и промышленных отходов и отходов жизнедеятельности населения мешали рыбоводам, а также часто из-за заиления запруживали водотоки, тем самым, повышая вероятность наводнений.

Иногда водопользователям удавалось заключать временные соглашения, однако ситуацию не удавалось массово контролировать и регулировать вплоть до начала XX века. Некоторые конфликты разрешились трансформацией приоритетных видов водопользования – в первой половине XIX в. развитие торговых связей, в частности усовершенствование транспортировки морской рыбы уничтожило потребность в рыбоводческих фермах во многих городах. Также с развитием индустриализации были почти полностью оборваны связи реки с культурными функциями – старинные парки и набережные занимались производствами, «лишние» водотоки убирались под землю и в трубы, причём подобная дезинтеграция была связана не только с нуждой в больших площадях для строительства промышленной инфраструктуры. Отчуждение реки от населения являлось и предупреждающей мерой, нацеленной на улучшение эпидемиологической ситуации в городе.

Рост промышленности повлёк за собой приток нового населения в города. Увеличение отходов и плотности населения в совокупности с промышленным загрязнением в ещё большей степени ухудшило качество речных вод в пределах города. Из-за этого нахождение рядом с рекой становилось не просто некомфортным, но и небезопасным. Водяные мельницы, между тем, продолжали существовать во многих городах даже во время интенсивной индустриализации, занимая свою небольшую нишу водопользования. Именно в этот момент, после индустриальной революции во многих европейских городах происходит более чёткое формирование «буржуазных» городских районов на высоких берегах и «рабочих» промышленных на низких. Также в этот период обостряется конфликт между собственно городом и ближайшими пригородами ниже по течению в связи с

ухудшением качества воды и учащающимися наводнениями из-за нерегулярных сбросов (Singh, 2018).

В постиндустриальную эпоху, когда промышленность в черте города уменьшается в масштабах и выносится за город, приоритетными направлениями развития приречных территорий становятся полная деиндустриализация (преобразование бывших промышленных зон в рекреационные зелёные элементы и благоустроенные озеленённые деловые и жилые районы), увеличение доступности населения к реке, создание знаковых объектов на прибрежных территориях в целях разгрузки центров тяготения, ландшафтный урбанизм (вписывание новых сооружений и инфраструктуры в условно-естественный долинный ландшафт) (Кузьмина, 2020; Зуева, 2019).

Взаимосвязь между рекой и городом – это важная составляющая устойчивого развития города. С одной стороны, реки определяли рост городов вдоль своих берегов. Но в то же время городская застройка и сама меняла форму рек в городе, городские ландшафты и экологию реки. Более того, города сильно зависят от своих рек для удовлетворения различных потребностей населения. В результате, города использовали и модифицировали свои реки, изменяя их экологию и создавая новые ландшафты в процессе урбанизации.

Местом соприкосновения реки и города являются так называемые «приречные территории». Как в природе реки формируют отдельные природно-территориальные комплексы и интразональные ландшафты – речные долины – так и в городе вдоль крупного водотока образуется отличная от окружающей территории зона. В естественных условиях все компоненты долинного ландшафта отличаются от зонального: река образует уникальные линейные формы рельефа долины и, как большинство водных объектов, охлаждает приземную температуру воздуха на локальном уровне; в зависимости от характера водного режима на поймах формируются разные аллювиальные почвы с разной мощностью наносов, на которых произрастает отличная от зональной растительность. Более того, река является подвижной экосистемой и «транспортным» коридором в ландшафте между разными экосистемами, тем самым осуществляя обмен веществом и энергией между ними и поддерживая их устойчивость в природе. Благодаря интразональному характеру речной долины в ней сочетаются региональная флора и фауна с

представителями других более южных или северных регионов, что делает приречные ландшафты наиболее разнообразными с точки зрения видовой биоразнообразия (Фирсова, 2012). В аспекте хозяйственного использования приречные территории вне урбанизированных территорий также имеют особую роль: во-первых, это преимущественно плодородные и периодически затопляемые земли для сельского хозяйства на поймах, непригодные для капитального строительства; во-вторых, у приречных территорий имеется высокий рекреационный потенциал; в-третьих, для промышленности река и приречные территории особенно важны с точки зрения энергетического и водного ресурса. Внутри плотно застроенного города речная долина редко сохраняется в естественном виде, но тем не менее также отличается от окружающих её городских пространств. Во-первых, в равнинных городах России именно речные долины создают наиболее сложную ландшафтную структуру города, т.е. по сути являются системообразующим элементом ландшафтного комплекса города и основной осью его овражно-балочной сети. Именно на приречных территориях (особенно крупных рек) в таких городах наиболее ярко выражены высотные уровни и расчленённость рельефа (Фирсова, 2012). Во-вторых, особый характер гидрологии, морфологии, геохимии и микроклимата речной долины определяют характер использования земель в городе, что, с одной стороны, ограничивает освоение, а с другой – предоставляет возможность для уникального типа землепользования (например, приречные рекреационные земли, земли водного транспорта, промышленности и энергетики). В-третьих, как уже было рассмотрено в предыдущем пункте главы, развитие и рост городов в прошлом были тесно связаны со своими главными (градообразующими) реками, которые стали местом сосредоточения историко-культурного своеобразия. Таким образом, деловая (промышленная, торговая) и историческая части города обычно находятся именно на приречных территориях, часто становясь элементом его визуальной идентичности. Поскольку сама река в городе, в зависимости от степени трансформации её берегов, всё же остаётся природным объектом, а городская застройка скорее вписывается в рельеф нежели полностью видоизменяет его, то уместно рассматривать приречные территории и как уникальное сочетание природных и рукотворных компонентов, т.е. как культурный ландшафт (Цорик, 2021).

Обособлены прилегающие к реке территории и с точки зрения законодательства РФ. Приречные территории, являясь пограничными территориями между водным объектом и городскими землями, имеют исключительный статус, поскольку их освоение ограничено не только правовой базой земельного и градостроительного кодексов РФ, но и водного. Часть приречной территории является водоохранной зоной, определённой статьёй 65 Водного кодекса РФ как территория, примыкающая к границе водного объекта (которая считается за среднемноголетний урез воды в летний период) и имеющая специальный режим хозяйственной или другой деятельности для предотвращения негативного воздействия на водный объект. Если на городских приречных территориях имеется набережная или централизованная ливневая система водоотведения, то водоохранная зона устанавливается от парапета набережной, а прибрежная защитная полоса (территория с дополнительными ограничениями хозяйственной деятельности) совпадает с этой набережной. Ширина водоохранной зоны зависит от длины реки: реки до 10 км должны иметь 50 м охранной зоны; реки длиной от 11 до 50 км – 100 м; реки длиной более 50 км – 200 м. Ширина прибрежной защитной полосы определяется уклоном берега: для нулевого или обратного уклона – 30 м; для уклона до 3 градусов – 40 м; для уклона более 3 градусов – 50 м. На территории водоохранной зоны запрещается целый ряд видов хозяйствования, регламентируемый статьёй 65 Водного кодекса РФ. Касательно городских территорий, необходимо отметить запрет на размещение кладбищ и объектов размещения отходов производства и потребления, движение и стоянку транспортных средств не по оборудованным местам с твёрдым покрытием, строительство автозаправочных станций, складов горюче-смазочных материалов, автомоек и авторемонтных (за исключением портовых территорий), сброс сточных вод. Сами реки в пределах города находятся в ведении отдела водных ресурсов бассейнового водного управления (БВУ) по городу, который в свою очередь относится к федеральному агентству водных ресурсов России при Министерстве природных ресурсов и экологии РФ.

Все эти перечисленные характеристики приречных территорий – «уникальный» для города долинный ландшафт, общая открытость пространства,

высокая проветриваемость, историческая ценностью и особым режим природопользования – и выделяют их как особую городскую территорию.

Исходя из вышесказанного очевидно, что городские приречные территории являются частью речной долины, однако не тождественны ей. Это наиболее приближенные к реке участки суши, на которых в значительной степени проявляется влияние реки. С точки зрения морфологического строения долины, наиболее «приближенной» к самому водотоку и контрастной по своим почвенно-растительным, геоморфологическим и климатическим условиям относительно водораздела частью долины является пойменно-русловой комплекс (пойма и русла часто рассматриваются вместе, поскольку на них распространяются одинаковые процессы).

С градостроительных позиций, пойменно-русловой комплекс также может считаться «приречными территориями»: здесь существенно ограничено (но не невозможно при современных технологиях) капитальное строительство в городе. Во-первых, строительство объектов на поймах может спровоцировать значительную трансформацию поймы и самого русла, поскольку капитальные объекты препятствуют потоку реки во время половодья. Строительство линейных объектов, которые на поймах обычно соответствуют направлениям паводковых течений, ещё больше провоцирует эти деформации. Таким образом, направление русла, как и накопление наносов и течение реки, могут стать более непредсказуемыми. Во-вторых, поймы, как правило, отличаются высокой просадочностью грунтов и заболачиваемостью территорий, а поймы незарегулированных рек периодически затапливаются, соответственно, строительство на данных участках является более трудоёмким и рискованным. Изначально поймы становились основной осью организации города благодаря их высокой хозяйственной ценности. Под застройку в первую очередь использовались надпойменные террасы, но поймы включались в городскую структуру лишь в естественном виде (Булгакова, 2016). Эта особенность пойменно-руслового комплекса также позволяет считать его приречным пространством.

Однако границы приречных территорий не всегда совпадают с пойменно-русловым комплексом – они могут отличаться как в большую, так и в меньшую стороны. С одной стороны, пойма в городе может быть небольшого размера, но

город на последующих высотных уровнях долины продолжает находиться вблизи реки и внутри долины, т.е. находится под влиянием реки. Учитывая, что строительство допускается начиная с первой надпойменной террасы (наиболее приближенной к реке) то целесообразно относить к приречным территориям и первые надпойменные террасы, если они располагаются достаточно близко к реке. С другой стороны, в случае обширных пойм (островных или материковых) приречные территории могут быть меньше всей ширины поймы и ограничиваться старицами или функциональными зонами. Это связано с тем, что, река и приречные территории внутри города являются не только географическими, но и социокультурными и экономическими объектами, а следовательно, при выделении ПРТ, необходимо учитывать их восприятие человеком. Так, на значительном расстоянии от реки, даже находясь на пойме, горожане могут не чувствовать близости реки (т.е. и не считать пространство «приречным», если они не видят и не ощущают реки) – с расстоянием от реки часто ослабевает её охлаждающий эффект, меняется визуальная среда и возможные рекреационные занятия. А в застроенной части города с удалением от реки меняется архитектура, функциональное значение, иногда и планировка (Булгакова, 2016).

С данными условиями определения приречных территорий связан следующий вопрос: на каком расстоянии от реки относительно однородная по природным или градопланировочным условиям территория продолжает оставаться приречной? Человек может не ощущать присутствия реки в достаточно плотно застроенной части города на большом расстоянии от неё, даже если особая архитектура и планировка свидетельствуют об обратном. В работе (Рудакова, 2016) утверждается, что визуальное восприятие реки может возрастать на расстоянии до 1000 м, после чего начинает уменьшаться. Приведённые в данной работе градации расстояний касаются обзора приречных территорий со смотровых площадок или противоположных берегов, а не с глубины берега, тем не менее данную градацию целесообразно использовать и для определения ширины приречных территорий изнутри: находясь на расстоянии до 500-1000 м от реки, человек ещё продолжает воспринимать пространство как продолжение того, что находилось на реке (при условии практически неизменной визуальной среды). Аналогичная проблема возникает с обширными пространствами, принадлежащих одному элементу речной

долины (например, обширной пойме). Предлагается также «сужать» ПРТ до ширины его восприятия. На пойменные острова данное допущение не распространяется, поскольку, находясь на острове (особенно на лишённом прямой связи с берегом – мостов, туннелей и т.п.), человек не прекращает ощущать себя на земле, окружённой рекой, ведь он добирался до этого участка по воде.

Таким образом, отвечая на вопрос, что такое городские приречные территории, в рамках данной работы отмечено следующее:

- 1) Приречные территории непосредственно прилегают к реке в черте города;
- 2) Приречные территории в крупных городах представлены природно-антропогенными и техногенными комплексами;
- 3) Состав, границы и свойства приречных территорий определяются геоморфологией дна речной долины, характером русловых процессов и историей градостроительного освоения.

Первый пункт подчёркивает необходимое условие для существования приречных территорий – собственно, их соприкосновение и близость с рекой, а также частичное сохранение с ней гидрологической связи.

Второй пункт описывает приречные территории с точки зрения их природной приуроченности – места в ландшафтной системе города. В научной литературе по ландшафтоведению и геоморфологии понятие «приречных территорий» практически не используется, поскольку они выделяются с учётом городских функциональных особенностей, не совпадают полностью ни с одним компонентом ландшафта и таким образом не являются самостоятельной морфологической единицей. Работы по геоморфологии (Бредихин, 2005; Хныкина, 2016; Смелова, 2018), гидрологии (Меньшиков, 2010; Китаев, 2015; Чалов, 2016), геоботанике (Ковзик, 2013; Ильина, 2018; Холенко, 2019), изучению почв (Варава, 2007; Иванников, 2010; Гордиенко, 2021) и ландшафтной структуры (Березина, 2015; Дьяченко, 2015; Дедова, 2015) и организации городской территории (Фирсова, 2009; Ивашкина, 2018; Кадацкая, 2020; Кулакова, 2020) чаще в качестве объекта исследования рассматривают именно городские речные долины или её части (пойменно-русловому комплексу, в частности островам, приречным склонам и надпойменным террасам). Мильков (1977) выделял отдельный приречный (склоновый) тип местности для лесостепей, под которым подразумевал наклонные



поверхности с пересечённым рельефом, смытыми почвами, нагорными и байрачными лесами.

В зарубежной научной литературе термин *urban river valley* (городская речная долина) обычно используется в работах, изучающих геоморфологические, почвенные и гидрологические характеристики приречных территорий в городе. Другое часто упоминаемое понятие в англоязычных научных трудах – это *urban riparian area* (городская рипарианская зона), которое как правило (но не исключительно) применяется при исследовании проблем экологических функций и биоразнообразия приречных территорий. Groffman et al. (2003) определяет городские приречные зоны как горячие точки экологических функций на месте соприкосновения сухопутных и водных экосистем в городе. Национальный исследовательский совет США (NAP, 2002) определяет городские «рипарианские зоны» как экотоны между сухопутными и аквальные экосистемами, имеющие особые биофизические условия, экологические процессы и биоту. Также встречается специфичное понятие *riverscape* (от англ. *river* – река; и *landscape* – ландшафт), под которым понимают линейные, непрерывные и однородные по функциям патчи, прилегающие к реке (Torgersen, 2022). В эколого-ориентированных исследованиях может встречаться понятие *urban river ecosystems* (приречные экосистемы в городе) (Clifford, 2007), однако чаще это относится исключительно к естественным и условно-естественным участкам городских приречных территорий.

Третий пункт подчёркивает исключительность приречных территорий на фоне остальных в городе, причём не только с точки зрения природных отличительных свойств, но и планировочных, социокультурных. Следует отметить, что в наиболее застроенных частях города именно эти свойства приречных территорий проявляются наиболее ярко, поскольку природные особенности (в частности, приречная флора и фауна, характер почв и субстрата) могут не различаться в связи с сильным техногенным преобразованием ландшафта. Этим «не природным» исключительным характеристикам приречных территорий посвящён ряд работ по архитектуре, культурологии и социологии, исследующих отличительные свойства в архитектуре, функциях, планировке, эстетической и визуальной ценности приречных районов, поведении и характере их населения. Именно в такого рода исследованиях чаще употребляется понятие «приречные

территории». В научных трудах по градостроительству термин «приречные территории» существует сравнительно давно и определяется как планировочная зона города, которая представляет собой буфер между городом и рекой и обеспечивает взаимодействие природного и антропогенного каркасов города. Литвинов (2009) рассматривает городское ПРТ как контактную полосу, где происходит взаимопроникновение природных и антропогенных элементов города. Баклаженко (2020) определяет ПРТ как зону, непосредственно прилегающую к реке с обеих сторон и воспринимающую как природное влияние реки, так и антропогенное воздействие города. Ха (2011) рассматривает ПРТ как планировочные элементы городского каркаса и запасных общественных рекреационных пространств. Маташова (2011) даёт определение ПРТ как прилегающие к реке городские территории, объединённые общими механизмами функционирования и использования природных ресурсов. Садковская (2010) определяет границы ПРТ комплексом природных (рельефом, крутизной, характером растительного покрова, литогенной основой и т.д.) и антропогенных (городскими морфоструктурами, функциональной зоной и типом использования территории, плотностью застройки и др.) факторов. В зарубежной литературе для исследования социокультурных, экономических, архитектурных и урбоэкологических задач обычно используется термин *urban river zone / riverine zones* (городская приречная зона) – наиболее близкий перевод отечественному понятию приречных территорий. Другое используемое в работах понятие – *riverfront* – ближе к отечественному пониманию «набережной» или «первой линии», т.е. это пространство перед рекой, которое ограничивает первая линия застройки (Batista e Silva, 2013). Такой подход, возможно, более уместен для социо-ориентрированных и архитектурных исследований приречных территорий, поскольку он учитывает исключительно градостроительные особенности приречных территорий.

Все рассмотренные выше черты исследуемой территории и позволяют называть её «приречной территорией», а не речной долиной или набережной, коими она не является. Приречная территория города – это более низкий иерархический уровень в ландшафтной системе, чем речная долина; но более широкий и высокий морфотипный уровень в градопланировочной системе, чем набережная или первая линия; который не может быть выделен только в одной из указанных систем,

поскольку представляет собой интеграцию двух – природного и социокультурного – слоёв города.

***Проблематика исследований приречных территорий в городе.***

Многочисленные работы (Alves, 2019; Santiago, 2016; Hermida, 2019), посвящённые исследованию городских рек и приречных территорий в городе, стремятся в первую очередь определить общие инструменты и методiku качественного и количественного анализа приречных территорий с учётом их неоднородности, мультифункциональности и уязвимости, чтобы включить благоустройство и планирование приречных территорий в процессы городского стратегического и пространственного планирования. Многие работы посвящены выявлению связей между трансформацией приречных территорий (в аспекте земельного покрова и землепользования) и качеством жизни в приречных районах и городской среды в целом. Исследования данной темы также стремятся ответить на вопросы: «Как приречные территории и городские реки могут использоваться для улучшения комфортности городской среды? Какой объём экосистемных услуг они выполняют? Как измерить экосистемное влияние ПРТ в городе?».

Однако первый вопрос, который стоит на пути оценки ПРТ, это - что именно считать ПРТ и как его выделить. Использование кластерного анализа позволяет учитывать при выделении приречных территорий плотность населения, характер землепользования и долю растительного покрова. Таким образом, буфер вокруг реки определяли в случае однородности на территории одного или нескольких из этих показателей (Hermida, 2019). Другие более масштабные работы, в рамках которых оценивают и социо-экономическое влияние рек на всё городское пространство, предлагают брать за территориальные единицы исследования построенные на основе цифровой модели рельефа бассейны водотоков. Ландшафтный подход к оценке экосистемных услуг и состояния приречных зон предусматривает выделение речных пойм или террас в зависимости от целей и масштабов исследования, вне зависимости от характера городской ткани и застройки на этих территориях (Qiao, 2017). Работа (Piedelobo, 2019) определяет объект исследования границами «рипарианских» зон согласно категориям из программы наблюдения ЕС за окружающей средой Copernicus Land Monitoring Service, как единственные

городские территории, которые способны предоставлять экосистемные функции, свойственные приречным территориям.

В отечественной и зарубежной литературе, а также в практике градостроительного регулирования применяют три основных подхода к определению границ ПРТ: административно-правовой, геоморфологический и социально-ориентированный.

*Административно-правовой метод* подразумевает использование официальных документов (ГОСТ, СНИП, Градостроительный Кодекс РФ и пр.) и упомянутых в них определений для проведения границ. В Российской Федерации единственным задокументированным термином, близким по значению к ПРТ, является водоохранная зона (и прибрежная защитная полоса), которая определяется 65 Статьёй ВК РФ как территория, примыкающая к береговой линии водного объекта со специальным режимом осуществления хозяйственной или иной деятельности. Ширина буфера различается в зависимости от длины реки, так для рек протяжённостью более 50 км она будет проводиться по 200-метровому буферу.

С инструментальной точки зрения это наиболее простой метод, который может быть сразу применён к оцифрованному контуру реки инструментами создания буфера в большинстве геоинформационных программ. В западноевропейской и американской практике территориального планирования были предприняты попытки дифференцировать размер буфера в зависимости от геоботанических и фаунистических признаков, средней ширины поймы или необходимой для защиты рек озеленённой полосы. Для этого выбирали эталонные реки, результаты изучения которых распространялись впоследствии на аналогичные по природным особенностям объекты. Такой подход отражен в региональных руководствах по штатам США и речным бассейна (Guidelines for Riparian Buffers from Minnesota Forest Resources Council, A Guide for Establishing and Maintaining Riparian Forest Buffers from USDA, Tennessee Urban Riparian Buffer Handbook). В 2000-х г. появляется ряд работ (Skally, 2001; Verry, 2004; Palik, 2000), критикующих подход с зафиксированными буферами ПРТ, т.к. подобные границы не отражают реальной зависимости ширины рипарианской (приречной) зоны от окружающего ландшафта или гидрологических, геоморфологических, гидрохимических и прочих свойств реки (Mason, 2007) и не совпадают с ландшафтными границами ПРТ.

С точки зрения *геоморфологического подхода* ПРТ выделяются по границам речной долины (Holmes, 2011), зоне развития активной прибрежной эрозии (Sparovek, 2002), области распространения аллювиальных отложений и аллювиальных почв (Mason, 2007), тыловому шву первой надпойменной террасы или поймы (Qiao, 2017). Распространение этих явлений отражается на тематических картах, оцифрованные контура которых впоследствии интегрируются в материалы градостроительного проектирования.

В базе данных Copernicus для выделения приречных территорий наряду с анализом повторяемости наводнений (JRC Flood Hazard Risk Maps) широко использовали различные индексы (индекс топографической влажности (TWI), NDVI, NDWI), рассчитанные по ЦМР и мультиспектральным снимкам, и приёмы моделирования на основе цифровых моделей рельефа. Указанные индексы в сочетании с данными полевых исследований могут быть использованы и для выделения буфера приречной растительности (Hagan, 2006; Pennington, 2008; Yang, 2007).

Необходимость в применении *социально-ориентированных подходов* чаще всего возникает при исследовании плотно застроенных городских территорий, где естественные берега занимают незначительную площадь. В этом случае при выделении ПРТ к наиболее важным факторам относят функциональное назначение и землепользование прибрежных территорий, их демографические, архитектурные и планировочные свойства. Они могут быть учтены в ходе кластерного анализа, с помощью которого обособливаются однородные зоны по характеру городской ткани, плотности населения и функциям вдоль реки (Hermida, 2019).

Поскольку городские приречные территории являются многофункциональными, неоднородными участками города и зачастую отличаются и особыми геоэкологическими свойствами в зависимости от геофизических и социально-экономических особенностей города или реки, далее рассмотрены различные подходы к оценке и характеристике городских приречных территорий (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Основные темы научных исследований приречных территорий.

№	Тема исследования	Инструменты, подходы / предмет исследования	Научные работы
1	Выделение приречных территорий	Социально-ориентированные подходы (функциональное зонирование, планировка, социологические опросы населения)	Norris, 1999; Scholes, 2008; Santiago, 2016; Hermida, 2019
		Фиксированные буферы ПРТ, разработанные для эталонных рек	Guidelines for Riparian Buffers from Minnesota Forest Resources Council, A Guide for Establishing and Maintaining Riparian Forest Buffers from USDA, Tennessee Urban Riparian Buffer Handbook
		Геоморфологические и геологические характеристики территории	Sparovek, 2002; Mason, 2007; Holmes, 2011; Qiao, 2017
		Ландшафтные, в т.ч. геоботанические, характеристики территории	Hagan, 2006; Yang, 2007; Pennington, 2008
2	Оценка экосистемных услуг ПРТ	Культурные	Gunn, 1974; Loomis, 2012; Santiago, 2016; Hermida, 2019
		Средоформирующие	Asakawa, 2004; Everard, 2012
		Стокорегулирующие	Guo, 2013; Farrugia, 2013; Thorne, 2018; Li, 2019; Alves, 2019
		Климаторегулирующие	Huang, 2007; Hathway, 2012; Demuzere, 2014; Voskamp, 2015; Ghofrani, 2017
3	Оценка состояния («здоровья») приречных экосистем	Уровень загрязнения и наличие референтных для здоровой экосистемы видов	Karr, 1999
		Антропогенное воздействие на реку	Norris, 1999

		Риск для здоровья при использовании в рекреации ПРТ	Scholes, 2008
4	Оценка целостности ПРТ	Устойчивость, доступность городских рек	Che, 2012; Chou, 2016; Rocha, 2018; Hermida, 2019
6	Оценка трансформации ПРТ	Изменение земельного покрова в пределах ПРТ	Wu, 2019; Fashae, 2019
7	Комплексная оценка ПРТ	Оценка разных аспектов ПРТ (ландшафтных, экономических, социальных, градостроительных)	Juval, 2000; Yuhua, 2016; Qiao, 2017; Han, 2019
8	Оценка рисков и ущерба городскими реками на приречные территории	Стоимость и объём возможного ущерба	Cançado, 2008
		Моделирование зон затопления	Bathrellos, 2016

1) *Общие подходы к исследованию приречных территорий.* Как указано ранее, зачастую зелёная инфраструктура и городские реки рассматривают вместе в исследованиях по зелёной-и-голубой-инфраструктуре (*green-blue infrastructure* или водно-зелёный диаметр), поскольку оба компонента этой системы тесно взаимосвязаны. Зелёные массивы регулируют гидрологический режим рек, сток, уровень и качество воды для городского водоснабжения и т.д., поэтому многие работы посвящены оценке стокорегулирующих функций зелёной инфраструктуры. (Li, 2019) проводит оценку эффективности разных практик городского озеленения для смягчения городского воздействия на гидрологический режим; работы (Alves, 2019; Guo, 2013; Thorne, 2018; Farrugia, 2013) посвящены снижению частоты возникновения наводнений за счёт зелёной инфраструктуры. Другие исследования голубой инфраструктуры подробно изучают климаторегулирующие функции, считая её элементы основными механизмами смягчения изменения климата в городе. (Voskamp, 2015; Demuzere, 2014; Ghofrani, 2017) рассматривают набор общих мер и инструментов зелёной и голубой инфраструктуры для смягчения климатических изменений и последствий экстремальных погодных явлений. Отдельные работы разрабатывают индикаторы для оценки экосистемного состояния, качества и экологической функциональности самих водных объектов и прилегающих территорий (Zhang, 2005; Pinto, 2011).

Отдельный блок исследований связан с оценкой комфортности городской среды, рекреацией и здоровьем населения. (Gunn, 1974) одним из первых разрабатывал критерии оценки рекреационного потенциала городских приречных территорий. (Loomis, 2012) занимается оценкой используемой и неиспользуемой стоимости ресурсов речной рекреации. В работе (Santiago, 2016) изучена оценка рекреационных функций приречных зон на основе социологических опросов рекреантов и жителей. Также некоторые исследования посвящены оценке конфликтности приречных территорий с преимущественно рекреационными функциями и с такими функциями, как сохранение биоразнообразия, стабилизация среды и т.д. (Asakawa, 2004; Everard, 2012). Наиболее детально методология оценки комфортности приречных территорий с использованием индикаторов оценки как зелёной инфраструктуры, так и городской застройки изучена в работе (Hermida, 2019). Другого рода исследования связаны с оценкой риска для здоровья при использовании в рекреации приречных зон (Scholes, 2008).

Целостность приречных территорий оценивают с двух позиций. С одной стороны здоровое состояние приречной экосистемы в городе определяют посредством различных индикаторных видов и индексов: индексом биологической целостности (Index of Biotic Integrity), оценивающим уровень загрязнения и биологическую активность; системой прогнозирования и классификации речной биоты (River Invertebrate Prediction and Classification System), определяющей состояние речной экосистемы по наличию или отсутствию характерных для данных вод в первоначальном естественном состоянии видов и т.д. (Karr, 1999) Другой подход к оценке состояния (или «здоровья») приречной экосистемы в городе учитывает непосредственное и всестороннее антропогенное воздействие на реку в городе, а также и влияние самой реки на общество и здоровье населения, руководствуясь при этом не только экологическими, но и экономическими и социологическими индикаторами (Norris, 1999).

2) *Оценка связности и вклада приречных территорий в формирование комфортной городской среды.* Наиболее традиционный подход к оценке приречной территории в контексте территории особого значения для формирования комфортной городской среды подразумевает выбор индикаторов по двум направлениям: показатели, характеризующие 1) связность (как наличие связей



между зелёными элементами приречной территории и другими элементами городского экологического каркаса, так и взаимодействие с городской средой) и 2) вклад в формирование комфортных условий городской среды для населения. Совокупность этих взвешенных индикаторов формирует индекс устойчивости городских рек. В частности, разработкой индикаторов для наиболее точной оценки приречных территорий и их зеленой инфраструктуры в этом аспекте занимались: (Che, 2012), уделяя особое внимание общественной доступности береговой линии; (Rocha, 2018), предложивший индекс зелёной площади, индекс зелёного покрытия, индекс охраняемых территорий, а также индикаторы по оценке городских открытых пространств общего доступа. (Chou, 2016) разработал список обязательных вопросов для получения данных для индикаторов путём социологических опросов местного населения. Таким образом, для данного подхода из группы показателей связности используются индикаторы, описывающие пространственную и визуальную доступность (например, дорожная и пешая доступность, доступность общественным транспортом, высота ближайших зданий), а также протяжённость и целостность зелёного коридора (например, максимальная протяжённость зелёного коридора, количество разъединённых зелёных элементов прибрежной зоны, водопроницаемость почв, разнообразие растительности). Из группы показателей комфортности выделяются индикаторы для описания состояния открытых мест общей доступности (например, разнообразие оборудования, защищённая тенью площадь, ночное освещение, степень благоустройства и поддержания общественных мест), и индикаторы, характеризующие состояние первой линии застройки (например, функциональное разнообразие, общественно-пространственная интеграция, плотность застройки, доступность к первой линии). Как и при многих других оценках, индикаторам экспертным путём присваиваются весовые значения. По результатам исследований, в контексте связности и вклада в комфортность городской среды наиболее важными индикаторами оценки приречных территорий оказываются пешая и транспортная доступность (Hermida, 2019).

3) *Оценка экосистемных услуг приречных территорий.* Среди покомпонентных оценок приречных территорий и их экосистемных услуг особое внимание уделяется оценке климаторегулирующей функции городских рек. Наряду с зелёными элементами, водотоки также представляют собой городские «острова

холода», за счёт процесса и поглощения солнечной радиации днём и переноса этого поглощённого тепла за пределы города (в отличие от статичных водных объектов, которые поглотив тепло днём, возвращают его ночью) (Webb, 1997). Испарение с водной поверхности и насыщение воздуха влагой также является одним из косвенных эффектов охлаждения городского воздуха, хотя в тропических городах с повышенной относительной влажностью этот механизм менее действенен (Manteghi et al., 2018). Охлаждающий эффект городских рек во многом зависит как от морфометрических показателей реки, так и от климатических характеристик района. Так, например, исследования климаторегулирующей функции реки Ота в Хиросиме (Япония) выявили снижение температуры в радиусе до 100 м от воды на 5°C (Murakawa, 1997). В Нанкине (Китай) максимальный охлаждающий эффект городскими реками был установлен также в 100 м от берега и составлял 3°C, а на расстоянии километра эффект равнялся 0,4°C (Huang, 2007). Исследования умеренной зоны на примере реки Дон в Шеффилде (Великобритания) показали охлаждающий эффект до 2°C, но в меньшем радиусе – до 40 м от воды (Hathway, 2012). Оценка охлаждающего эффекта рек может проводиться полевым путём – измерением температуры в разных по характеру застройки и запечатанности городских местах на разных расстояниях от реки. После чего температура сравнивается с результатами внутри городского ядра – «острова тепла» и температурой вне города, для получения представления о том, насколько водное пространство приближает городскую температуру к естественной для данного типа климата (Hathway, 2012). Не менее часто для оценки охлаждающего эффекта городских рек используются данные дистанционного зондирования, причём в более чем 50% научных работ по охлаждающему эффекту зелёной инфраструктуры в целом использовали тепловые снимки серии Landsat. Наиболее распространённый метод исследования по тепловым снимкам – это сравнение поверхностных температур земли с выявлением дельты между наиболее горячими точками и территориями вокруг островов холода (т.е. водных объектов, водотоков, зелёных элементов), а также для сравнения средних и максимальных температур городских поверхностей с референтными территориями за пределами города (Zhou, 2019).

Оценка регулирующих услуг приречных экосистем рассмотрена в работе (Piedelobo, 2019), базирующейся на открытых данных дистанционного

зондирования и данных о землепользовании и земельного покрова Corine Land Cover 2012. В этой работе оценка проводилась для всего речного бассейна, в котором выделялись рипарианские зоны, согласно классификации программы Copernicus. Для определения территорий, обладающих способностью предоставлять регулирующие экосистемные услуги, по карте земельного покрова и дешифрованным снимкам Sentinel-2 выделялись сельскохозяйственные земли и лесные территории внутри рипарианских (приречных) зон, которые впоследствии были использованы для составления пространственной модели расположения источников регулирующих экосистемных услуг. Второй этап включал в себя определение степени и полноты предоставляемых услуг, оценка которых происходила через биогеофизические индексы состояния растительного покрова приречных территорий, полученных из мультиспектральных снимков Sentinel-2. Так, развитие и здоровье растительности определялись индексами NDVI (нормализованный относительный вегетационный индекс) и EVI (усовершенствованный вегетационный индекс), а водный стресс для растений индексом NDWI (нормализованный относительный водный индекс). Данный подход, основанный на оценке разных типов земельного покрова и качества растительного покрова похож на многие подходы к оценке зелёной инфраструктуры по данным дистанционного зондирования, поскольку его отличает только объект исследования – приречные территории.

4) *Оценка динамики и трансформации приречных территорий.* Земельный покров также используется для исследования трансформации речной сети в границах агломераций. Посредством сравнения дешифрованных данных дистанционного зондирования за разные годы с выделенными основными типами земельного покрова – сельскохозяйственные земли, территории, занятые разными типами растительности, застроенные пространства и т.д., можно установить взаимосвязь между трансформацией земельного покрова в пределах речного бассейна внутри агломерации и плотностью речной сети. Так (Wu, 2019) установил на примере р. Янцзы в Сучжоу (КНР), что переход покрытых естественной лесной растительностью территорий в сельскохозяйственные угодья и застроенные земли до определённого момента увеличивает общую длину и ширину водотоков речной сети. Но как только соотношение незапечатанных и запечатанных земель превышает

40% на квадрате сетки исследования (3 км x 3 км), плотность речной сети начинает резко уменьшаться, причём с разной интенсивностью для рек разного порядка (как показала работа, реки более низкого порядка испытывают наибольшее влияние). Данный подход особенно актуален для исследования активно развивающихся агломераций на реках, испытавших резкий скачок роста за последние несколько десятилетий. Исследования земельного покрова приречных территорий в городской черте также проводятся с целью установления связи между качеством поверхностных вод и типом земельного покрова. В данном случае проводится отбор проб вдоль русла в точках с разным типом земельного покрова и по полученным показателям рассчитывается индекс качества воды. Результаты сравниваются с международными стандартами Всемирной Организации Здравоохранения и национальными нормативами (Fashae, 2019).

5) *Оценка рисков и ущерба городскими реками на приречные территории и городскую территорию.* Наконец, отдельный блок исследований земельного покрова приречных территорий связан с оценкой ущерба и рисков и моделированием чрезвычайных ситуаций, т.е. наводнений и паводков. Данные дистанционного зондирования используются для определения глубины распространения наводнения и привязки этой величины к цифровой модели рельефа и типу землепользования. Стоимость ущерба оценивается стоимостью объектов, находящихся на подверженных наводнению участках – так застроенные территории оказываются самыми дорогими (Cançado, 2008). Моделирование зон, подверженных риску наводнений, происходит с использованием и наложений цифровой модели рельефа, карты земельного покрова, геологической и топографической карт. На основе этих источников создаётся матрица факторов, способствующих более глубокому захлёсту наводнений. Среди этих факторов, используемых для построения карты рисков, выделяют: крутизну склона (склоны делятся по группам крутизны – группа с наименьшей крутизной до 2° получает наибольший вес, т.е. находится в наибольшей зоне риска); абсолютную высоту над уровнем моря (также делится по группам высот – группа с наименьшими высотами до 50 м – наиболее уязвимая); расстояние от открытых каналов и прочих водотоков (чем ближе территория к таким водотокам, тем выше риск, расстояние отличается для водотоков разного порядка с наименьшим расстоянием у более высокого порядка); расстояние

до полностью закрытых водотоков; гидролитологическую основу (у территорий на водонепроницаемых породах риск максимальный); тип земельного покрова (с самым высоким риском в плотно застроенных районах, меньшим у сельскохозяйственных земель и минимальным у лесных территорий). Полученную матрицу веса для разных сочетаний факторов далее используют для построения карты рисков наводнений (Bathrellos, 2016).

б) *Комплексная оценка состояния приречных территорий.* Оценка состояния приречных экосистем проводится не только путём количественной оценки объёма экосистемных услуг, но и по модели «Давление-состояние-реакция» (Pressure-State-Response), предложенной организацией экономического сотрудничества и развития (OECD). Для данной оценки предлагаются индикаторы каждого из трёх блоков: доля прироста ВВП, за счёт нагрузки на речную экосистему, уровень урбанизации, степень воздействия промышленности, водопотребление разными потребителями, объём сточных вод – для блока давления; запас речных вод на единицу площади и душу населения, зелёная инфраструктура на душу населения, процент зарегулированности стока для контроля наводнений – для блока состояния; и система обращения с канализационными водами, доля зелёной инфраструктуры, качество речных вод, качество питьевой воды из других источников, доля очищенных сточных вод, инвестиции в сохранение и охрану речных экосистем – для блока реакции. Соотношение результатов всех трёх блоков позволяет делать выводы о нынешнем состоянии приречных экосистем в аспекте антропогенного воздействия на них (Han, 2019).

Комплексная оценка состояния приречных территорий также проводится по четырём группам индикаторов: ландшафтным, природным, экологическим и социоэкономическим, пороговые значения для которых определяются по-разному для разных степеней состояния. Большинство значений индикаторов выражены процентами, что позволяет оценивать состояние городских рек по 100-балльной шкале. Из первой группы индикаторов выделяются доля, занятая приречной растительностью, устойчивость русла и берегов, скорость деградации водно-болотных угодий, естественный угол береговых склонов, удовлетворённость населения, степень застройки первой линии, вероятность остановки течения реки и доля использования водных ресурсов. Из второй группы выбираются индикаторы

скорости потока (отклонения в процентах от скорости течения в естественных условиях), гарантия качества питьевой воды, индекс видового биоразнообразия рыб, нагрузка предельно допустимого объёма (не приводящего к наводнению и затоплению), индекс загрязнения речной воды. Третий блок индикаторов включает уровень очистки сточных вод, уровень загрязнения оксидами азота и углеводородами, концентрация растворённого кислорода, душевая обеспеченность питьевой водой. Наконец, последняя группа индикаторов состоит из объёма водопотребления на денежную единицу, уровня мониторинга и контроля наводнений и паводков, и уровня управления. Согласно результатам комплексной оценки, индикаторы второй группы, описывающие природные характеристики приречных территорий, в наибольшей степени определяют состояние реки (Yuhua, 2016).

Альтернативный, но схожий подход к исследованию собственно системы городских приречных ландшафтов основан на оценке синергетического развития. Основной концепт синергии – параметр порядка, который формирует упорядоченность системы в процессе её развития и определяет синергетическую эффективность подсистем. Такие порядковые параметры непостоянны и изменчивы, но установив их, можно точно определить эффективность процессов синергетической системы (Juval, 2000). Городские приречные ландшафты, являясь сложной самоорганизующейся системой на стыке техногенной и природной сред, определяются конкуренцией и взаимодействием составляющих их подсистем: экологической, экономической и социальной. С одной стороны, экологические параметры – характеристики речной долины и русла, гидрологические свойства воды и характер приречной территории – можно считать определяющими, так как они являются основой того, что называется речным ландшафтом. Для рек вне городской территории это актуально, однако в городе экологическая подсистема вступает в конфликт с экономической, которая определяется такими порядковыми параметрами, как ценность водных ресурсов и ценность первой береговой линии (набережной). Цель социальной подсистемы – создать условия для комфортного, безопасного и устойчивого проживания, поэтому она включает в себя параметры безопасности, получения выгод и культурных ценностей. Данная подсистема также может быть определяющей при организации приречной территории и

конфликтовать с двумя другими подсистемами в процессе реализации своих целей. Путём экспертной оценки установлено, что наибольший вес и, соответственно, наивысший порядок имеют параметры ценности водных ресурсов – экономической подсистемы, тогда как второе место занимают параметры социальной подсистемы – безопасность. Согласно исследованию, именно эти индикаторы играют ведущую роль в определении и развитии городских приречных ландшафтов (Qiao, 2017).

В отличие от рассмотренных выше методов и предметов исследования, в данной работе, с одной стороны, проведена оценка экосистемных услуг, роли и состояния именно зелёной инфраструктуры ПРТ и определено, чем она отлична от остальной городской ЗИ и чем важна для города; а с другой – разработан алгоритм такой оценки для крупных городов, который можно применять для разных по природным и социо-экономическим условиям городов. При этом, предложен метод выделения ПРТ с использованием как социо-направленных, так и геолого-геоморфологических подходов для разных участков реки в городе. Более того, в данной работе городские приречные территории рассматриваются как неоднородные городские пространства, состоящие из зоны сплошной застройки и прилегающих озеленённых пространств. Оценка проводится для обеих частей города.

#### *Экосистемные услуги городских рек и приречных территорий.*

Потребность населённых пунктов в речных системах наблюдалась практически во всем мире, но критическая проблема заключается в том, что экономика и общество постоянно не способны оценить реки по всему спектру их услуг. Реки, в первую очередь, рассматривались как источники воды и место для сброса сточных вод и отходов. Однако они предоставляют значительно более широкий функционал как для населения, так и для экономики, включающий следующие экосистемные услуги:

- 1) поймы рек могут снизить риски затопления городов в связи с изменением климата;
- 2) реки являются источником пресноводных рыб, что поддерживает сельское население, повышает продовольственную безопасность, стимулирует региональную экономику и является достаточно популярным рекреационным занятием;

- 3) реки регулируют микроклимат в городе, формируя вместе с ЗИ так называемые «острова холода». Вдоль речных долин формируются коридоры проветривания, что также является важной микрорегулирующей функцией;
- 4) наряду с другими водными объектами города, река в его границах часто представляет собой место для занятия специфичными водными рекреационными занятиями;
- 5) высокая эстетическая ценность за счёт больших открытых пространств над рекой, а также условно-природных участков в неудобной для освоения части долины;
- 6) целостные приречные экосистемы являются местообитанием для различных видов (в частности, для птиц), а также сами по себе могут являться уникальными интразональными экосистемами;
- 7) сохранение открытых земель вдоль рек гарантирует наибольший переход поверхностного стока в подземный и, соответственно, снижает риск развития водной эрозии, подтоплений, наводнений и засух;
- 8) культурная ценность реки (религиозная связь народа с рекой, обилие культурно-исторических сооружений на реке).

Приречные территории, пропорционально их площади в пределах водораздела, выполняют больше биологически продуктивных функций, чем плакоры. Занимая лишь небольшую площадь по сравнению с водоразделом, прибрежные территории являются региональными горячими точками биоразнообразия и демонстрируют высокие показатели биологической продуктивности по сравнению с окружающими ландшафтами. Это особенно заметно в засушливых регионах, о чём свидетельствует большое количество видов растений и животных, встречающихся вдоль водотоков (National research Council, 2002).

Помимо целого ряда средорегулирующих и средоформирующих услуг, реки выполняют множество социальных и экономических функций, особенно в городах. На протяжении столетий реки выступали в качестве транспортных путей, обуславливая экономическое развитие и функциональную специализацию городов через торговлю. Впоследствии они стали и необходимым источником воды для многочисленных отраслей промышленности. Вместе с ростом численности населения и его концентрацией в городах нагрузка на городские реки возрастала.



Сегодня, когда численность городского населения составляет более 55% от общей численности населения мира, а большинство городов располагается на реках разной размерности, изменение речных систем стало очевидным. На городских территориях увеличивается площадь запечатанных и водонепроницаемых поверхностей, которые не позволяют дождевой и талой воде в полном объёме переходить в подземный сток и в результате увеличивают поверхностный, приводя к подъёму уровней рек, наводнениям и неблагоприятным склоновым процессам в долинах.

Повышенный спрос на питьевую воду и увеличившийся объём сточных вод, как и высокий уровень загрязнения городских вод, отрицательно сказывается на качестве речной воды и её биоты. В борьбе с нежелательными природными явлениями и процессами, вызываемыми реками, их русла и сток регулируются инженерными сооружениями или вовсе забираются в трубы. Данные антропогенные изменения влекут за собой сокращение объёма и спектра экосистемных услуг, которые могут предоставлять реки. Таким образом, сложно говорить о реке в черте крупного города как о природном водотоке, поскольку её процессы во многом регулируются человеком.

Однако, несмотря на утрату большинства «традиционных» функций речных экосистем, теперь обособились их другие – нематериальные - услуги, ранее не обладавшие высоким значением. Наряду с зелёной инфраструктурой реки формируют «голубую» часть водно-зелёного каркаса, зачастую становясь коридорами связи между зелёными элементами. Реки в пределах городов с одной стороны являются ядрами «голубой» (водной) инфраструктуры, соединяющей и дополняющей зелёную инфраструктуру необходимыми коридорами обмена вещества и энергии. С другой – являются естественной и иногда единственной связью между плотно застроенной антропогенной и фрагментированной условно-природной частями города, зачастую оказываясь определяющим фактором пространственного планирования, функционального типа и размера города (Kozak, 2020). Будучи занятыми промышленными зонами, частным сектором или жилыми комплексами ограниченного доступа, приречные территории теряют как свою доступность, так и свою связность, которые вкупе образуют комфортную многофункциональную городскую среду. Это так называемое явление

«отчуждения» реки и приречных территорий от города, что приводит к косвенной потере объёма предоставляемых рекой экосистемных услуг, поскольку лишь небольшая часть приречных территорий доступна населению для использования экосистемных услуг реки (Qiao et al., 2017).

**Опыт улучшения взаимоотношений реки и города.** Шагом к улучшению взаимоотношений «река-город» стали многочисленные программы по «восстановлению рек» в городах. Понятие восстановление реки в городе (*urban river restoration*), в целом, имеет целый ряд определений. В своей работе, Chin (2009) отмечает, что настоящее восстановление невозможно вовсе и данное слово неуместно для употребления, предлагая заменять его «улучшением», «развитием» и прочими. Первые работы, посвящённые восстановлению городских рек, подразумевали возвращение или хотя бы приближение реки к её изначальному состоянию до воздействия на неё городской среды. Сначала исследования по восстановительным мероприятиям касались конкретно улучшения гидрохимических свойств воды, что посодействовало изданию Акта о чистой воде в 1972 г. в США и Рамочной конвенции по воде в 2000 г. в Европе. Уже позже – в начале 2000-х годов – во многих странах Европы и США появляется новое движение по восстановлению городских рек – восстановление экологических функций и экосистемных услуг реки и приречной территории (Dufour, 2009).

Сегодня эту цель преследуют и многие развитые страны Азии, однако в целом переход к такой концепции восстановления реки в городе возможен только после улучшения качества её воды, поскольку, во-первых, это более острая проблема для безопасности жизнедеятельности городского населения, а во-вторых, река не способна качественно и в необходимом объёме выполнять свои экологические функции при значительных нарушениях её гидрохимических характеристик. Таким образом, основные задачи по работе с городскими реками в Европе, США, Канаде, Австралии, Японии, Республике Корея связаны с развитием приречных территорий для предоставления ими и рекой наиболее полного спектра экосистемных услуг.

Россия, страны южной и восточной Европы, КНР и наиболее развитые страны Латинской Америки частично начинают внедрять проекты по благоустройству именно приречных территорий в городах для увеличения объёма их экосистемных услуг там, где не стоит острая проблема качества поверхностных вод. Для

развивающихся стран Ближнего Востока, Африки, Азии и Латинской Америки приоритетным направлением восстановления рек в городах по-прежнему является борьба с загрязнением речных вод (Shi, 2018).

В конце XX – начале XXI вв. из многих крупных городов выводят промышленные предприятия для восстановления качества речной воды. Несмотря на то, что речные экосистемы начали восстанавливаться, приречные территории всё ещё зачастую оставались либо заняты старыми нефункционирующими или частично нефункционирующими промышленными объектами, либо просто не имели достаточной инфраструктуры (находились в неудовлетворительном состоянии) для рекреационных и средоформирующих функций. Незастроенные земли береговой линии с увеличением привлекательности городских рек становились местами неорганизованной рекреации, в результате которой происходила деградация сохраняющихся приречных экосистем – уплотнение почв и ухудшение её физических свойств, скопление твёрдых отходов, дигрессия травяного яруса, следы вандализма на объектах живой природы, загрязнение родников и ручьёв, разрушение естественных берегов и прочее (Mainstreaming Urban River Management into Master Plans, 2016).

Таким образом, приречные территории в городе долгое время продолжали оставаться малопригодной городской территорией, которой уделялось сравнительно мало внимания. Однако тренд «устойчивого города» в последние десятилетия не мог обойти стороной вопрос прибрежных земель. Цель устойчивого развития ООН №11 определяет «устойчивый город» как город, спланированный с учётом социальных, экономических и экологических потребностей, обеспечивающий достойные условия жизни для существующего населения и не ставящий под угрозу возможность достойного существования будущих поколений (UNDP, 2020). Для эффективного использования неблагоустроенных и приведенных в запустение приречных территорий требовались проекты по их реабилитации и развитию, которые способствовали бы достижению общей цели устойчивого города. Так, начиная с конца прошлого века возникло много некоммерческих организаций, которые при поддержке правительств, занялись проектами по восстановлению рек в городе: The River Restoration Centre (1994, Великобритания), ACRI Group (1989, Франция), CITIC Envirotech Ltd (2004, Сингапур), European Centre for River Restoration (1995, Дания)

и другие. Последняя – European Centre for River Restoration (ECRR) – является одной из наиболее крупных организаций с наибольшим количеством реализованных проектов.

В целом, проекты по восстановлению рек, в том числе в черте города, могут быть направлены на достижение следующих целей (ECRR, 2020):

- 1) восстановление меандров у рек со спрямлённым руслом;
- 2) создание резервуаров воды и дополнительных водных объектов;
- 3) создание более естественных форм у искусственных водотоков и водоёмов;
- 4) защита, создание, озеленение и благоустройство прибрежных территорий;
- 5) улучшение морфологии каналов;
- 6) управление затопляемыми территориями;
- 7) восстановление пойм;
- 8) предоставление населению доступа к реке;
- 9) улучшение речного стока;
- 10) обеспечение свободного прохода по реке популяциям рыб;
- 11) изменение русла.

Большинство проектов направлены на инженерные работы по возвращению реки к более естественным условиям для формирования здоровых функционирующих экосистем. Так называемые «nature-based solutions» — мероприятия и технологии, направленные на имитацию природы искусственными объектами и процессами для сближения городской и природной сред, - широко используются при восстановлении рек. Касаются непосредственно приречных территорий проекты, связанные с их благоустройством и озеленением, с восстановлением пойм и с увеличением их доступности населению. Данные работы можно условно поделить на две категории: проекты по ревитализации бывших производственных и жилых территорий и проекты по благоустройству прочих типов прибрежных пространств (плотная городская застройка, старые набережные, зелёные территории и пр.).

Наиболее ярким примером джентрификации (*gentrification* – процесс ревитализации бедных городских районов за счёт притока в них нового населения с более высоким социально-экономическим статусом, в результате чего в районе возрастает стоимость и качество жилья (Lees, 2008)) прибрежного пространства является

реконструкция лондонских доков (*London's Docklands*). Этот центральный район долгие годы считался одним из наиболее важных в столице – будучи центром торговли и экономики, он принимал тысячи тонн груза в день, обеспечивая большое количество лондонцев рабочими местами. Однако в 1960-х годах портовая значимость Лондона резко упала в связи с появлением контейнеровозов. Новая система транспортировки груза быстро распространялась по миру и имела ряд преимуществ. Однако р. Темза, не имея достаточно глубокого фарватера для судов такого размера, не могла позволить Лондону пользоваться этими достоинствами. Постепенно городской порт потерял свою значимость, а потом был и вовсе закрыт. Огромные площади приречных территорий данного района оказались местом жительства безработных. Район так и оставался «неблагополучным» и заброшенным, пока в 1981 г. правительством Великобритании не было организовано Агентство Развития Лондонских Доков (*London Docklands Development Corporation*), которое занялось восстановлением территории. Проект по джентрификации доков включал не только перестройку и переориентирование построек, но и «озеленение» района и улучшение визуальной среды береговой линии – в рамках проекта была создана рекреационная зелёная инфраструктура с пешеходными зонами, а также система из небольших особо охраняемых природных территорий (Feriotto, 2015).

Более новым проектом по изменению приречных территорий, не занятых производственными сооружениями, является *The Madrid Río Project* (проект «Реки Мадрида»). В 1970-х годах в Мадриде, как в одном из наиболее плотно застроенных и плотно населённых городов Европы, активно развивается дорожно-транспортная сеть. Крупные многополосные магистрали было решено провести вдоль реки Мансанарес, тем самым полностью уничтожив естественные берега. Однако возрастающий спрос на комфортную городскую среду и организацию зелёных пространств стал причиной появления новых, направленных на восстановление речных берегов проектов. Главным стал проект «Реки Мадрида», нацеленный на создание вдоль р. Мансанарес системы открытых озеленённых территорий общего пользования, которая подобно водно-зелёному каркасу пересекала бы весь город (Urban Sustainability Exchange, 2020).

Сегодня в России также ставятся цели по восстановлению и ревитализации рек и приречных территорий в городах. Примерами служат: программа

экологической «Реабилитации малых рек Подмосковья» (2016-2023 гг.); федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 гг.» (включающая задачи по восстановлению малых рек); проекты «Реконструкции набережных Москвы-реки»; российско-французский проект «Водно-зелёный городской каркас 2021-2022 гг.» (при участии со стороны России Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ), в ходе которого в пилотных городах-миллионниках проекта (Екатеринбург, Казань, Краснодар) планируется создать эффективные водно-зелёные каркасы (Минстрой России, 2022). Тем не менее примечательно, что на сегодняшний день отсутствуют федеральные программы, касающиеся именно благоустройства приречных территорий в городах, а не улучшения качества воды в городских реках или восстановления долин малых рек.

В целом в России и мире общество постепенно приходит к осознанию ценности реки в городе: это особенно проявляется за счёт предоставляемых ею и приречными пространствами экосистемных услуг во время «волн жары» (регулирование микроклимата, формирование мест для рекреации в городе). Во многих городах реки продолжают оставаться основным источником городского водоснабжения, а вопрос безопасности водоснабжения как никогда актуален в условиях глобального изменения климата. Стремление к организации комфортной и безопасной городской среды подразумевает озеленение городов и создание в них новых открытых общественных пространств вместе с вынесением промышленности за границы города: бывшие промзоны и неблагоустроенные приречные территории являются потенциальными местами для организации таких рекреационных и средостабилизирующих мест.

### **1.3. Зелёная инфраструктура как часть приречных территорий города**

*Понятие «зелёной инфраструктуры»* (ЗИ) используется в мировой литературе с 1990-х г. Одним из первых термин использовал Ч. Литтл в своей книге 1995 г. «Зелёный путь Америки» (Greenways for America) (Little, 1995), определив «зелёную инфраструктуру» как систему естественных ландшафтов и общественных зелёных зон, создающую альтернативу городской техногенной инфраструктуре (Adegun, 2017).

В отличие от классического «экологического каркаса», под «зелёной инфраструктурой» подразумевается совокупность всех незастроенных озеленённых элементов городского пространства, которые отличаются функциональностью, связностью и иерархичностью (Климанова и др., 2020). Данное определение зелёной инфраструктуры применяется и в настоящем исследовании. Каждый элемент ЗИ занимает определённое место в системе общего городского озеленения (характеризует его иерархичность), выполняет определённые функции (функциональность) и связан с определёнными районами города, прилегающими территориями или другими элементами зелёной инфраструктуры (связность). В рамках данной работы иерархичность учитывается при выделении разных пространственных уровней ЗИ по размеру и расположению относительно городской зоны сплошной застройки. Функциональность и иерархичность оценивается при разделении растительного покрова на древесный и недревесный, поскольку первый выполняет больший спектр экосистемных услуг и тем самым является более ценным и мультифункциональным.

Европейская комиссия по охране окружающей среды определяет зелёную инфраструктуру как стратегически спланированную сеть из естественных и «полуестественных» природных комплексов в совокупности со всеми особенностями окружающей среды (природными процессами), способную осуществлять широкий спектр экосистемных услуг. Так, в странах Европейского союза к элементам зелёной инфраструктуры относят территории с высоким уровнем биоразнообразия (в т.ч. включенные в состав Natura 2000) в пределах охраняемых территорий и их буферных зон, устойчиво функционирующие экосистемы за пределами охраняемых территорий, природные комплексы, способные выполнять роль экологических коридоров, восстановленные местообитания, искусственные переходы способствующие приоритетному поддержанию экосистем, элементы городского озеленения (парки, зеленые стены и крыши, водопроницаемые тротуары и дорожные покрытия), а также водные пространства (ЕЕА, 2014).

Понятие зелёной инфраструктуры американских геоэкологов близко к европейским. Она определяется как стратегически планируемая и управляемая сеть естественно-природных территорий, парков, зелёных коридоров, а также территорий с ограниченным режимом землепользования, ценных для сохранения и

поддержания коренных видов, природных экологических процессов, водной и воздушной среды, здоровья и качества жизни населения (ЕРА, 2014). Так, в США и Канаде в состав зеленой инфраструктуры включены природные территории и зеленые насаждения, выполняющие функции регулирования стока и защиты от наводнений, очистки воды и воздуха и поддержки местообитаний. Зелёная инфраструктура в ЕС и особенно в США также часто подразумевает использование «зелёных» или мягких технологий, не оказывающих негативного воздействия на окружающую среду или же способствующих её устойчивому функционированию. Поэтому Агентство США по защите окружающей среды (ЕРА) - считающее приоритетной задачей зелёной инфраструктуры предотвращение всех неблагоприятных последствий, связанных с атмосферными осадками и формирующимся стоком, - включает в определение даже искусственно созданную «серую», но имитирующую по своим функциям «зелёную», инфраструктуру (например, пешеходные дорожки с водопроницаемым покрытием).

Городская зелёная инфраструктура включает в себя следующие категории: парки и прочие рекреационные объекты общественного пользования (городские парки, зоопарки, скверы, кладбища, общегородские сады, кемпинги, ботанические сады и т.п.), водные объекты и водотоки (искусственные и естественные), естественные и полу-естественные незапечатанные территории (городские леса, долинная растительность, луга, дюны, водно-болотные угодья и т.д.), частные озеленённые территории (придомовые дворы, сады, газоны и прочее), озеленённые территории особого пользования (военные полигоны, поля для гольфа, спортивные поля, аэропорты, промышленные буферы и т.п.), сельскохозяйственные земли (включая городские огороды), вертикальное озеленение (зелёные крыши и стены, балконное озеленение, атриумы) и искусственные элементы уличного озеленения (клумбы, отдельные деревья вдоль улиц, патчи малых размеров и другие) (Mell, 2009). Иные классификации считают элементами зелёной инфраструктуры не только «незапечатанные пространства», но и «запечатанные открытые», если они выполняют рекреационные функции и регулируют воздушную циркуляцию в городе (площади, широкие бульвары и т.д.) (Green Infrastructure Evidence Base, 2018).

В отечественных школах термин «зелёной инфраструктуры» используется относительно недавно и не употребляется в официальных регламентирующих



документах. В ГОСТ 28329-89 «Озеленение городов. Термины и определения», действующем с 1991 г., используются понятия «система озеленённых территорий города», «зелёная зона города» и «зелёные насаждения». Под последней подразумевается совокупность древесной, кустарниковой и травянистой растительности на определенной территории. Система озеленённых территорий города является наиболее близким аналогом к зарубежному понятию зелёной инфраструктуры и определяется, как «взаимоувязанное, равномерное размещение городских озеленённых территорий, определяемое архитектурно-планировочной организацией города и планом его дальнейшего развития, предусматривающее связь с загородными насаждениями». Зелёная зона касается залесённой территории за границами города (ГОСТ 28329-89).

В системе озеленённых территорий города элементы классифицируются по-разному, но несколько отличным от зелёной инфраструктуры способом. Выделяется 4 типа озеленённых территорий: общего пользования (парки, скверы, лесопарки и прочее), ограниченного пользования (спортивные площадки, участки детских, учебных и лечебных заведений, жилых комплексов и т.д.), специального назначения (кладбища, сады, зоопарки, водоохранные и противопожарные зоны и другие) и рекреационного назначения (ГОСТ 28329-89).

В отличие от зелёной инфраструктуры отечественный «аналог» - Система озеленённых территорий города - не учитывает в своём определении экосистемных услуг, тогда как у зелёной инфраструктуры – это ключевая особенность. Термин российского ГОСТа, однако, делает необходимым условием связь с загородной зелёной зоной, что опущено в понятии зелёной инфраструктуры. Сравнивая состав «зелёной инфраструктуры» и «системы озеленённых территорий», стоит отметить отсутствие в последнем отдельной категории вертикального и уличного озеленения. Также не выделяются в ней водные объекты и сельскохозяйственные угодья – последние вовсе не считаются частью городской системы озеленённых территорий. Отечественная классификация считается скорее «функциональной», тогда как зарубежная для некоторых категорий также отмечает и происхождение.

***История развития понятия зеленая инфраструктура*** связана с эволюцией представлений о градостроительном планировании и роли озеленения в городе в целом. Одной из первых концепций, близких к современному понятию «городской

зелёной инфраструктуры», были работы первой половины XX в. о «городах-садах». Автор данного термина и основатель первой модели – английский социолог Говард Э. – издаёт в 1902 г. книгу «Города-сады будущего». Отвечая на неблагоприятную экологическую ситуацию в крупных промышленных городах Великобритании, Говард стремился создать идеальное поселение, совмещающее преимущества (или, как выразился автор, «магниты») деревни и города. В первом случае основным достоинством является минимальное воздействие на окружающую среду и условия для здоровой жизни. Во втором – большее количество рабочих мест, высокая заработная плата, широкий ассортимент товаров и развлечений. «Город-сад» по концепции Говарда имел радиально-концентрическую планировку. В его центре находилась главная площадь с наиболее важными общественными учреждениями и городским парком. Окружающие центр кольца чередовались по функциям: жилую зону смещала «зелёная», за которой следовала промышленная, а затем сельскохозяйственная. Более того, подобная модель не предусматривала роста города. Идея заключалась в поддержании оптимальной численности населения – до 32 тыс. чел. – и последующем образовании соседних «городов-садов» и их объединением в ассоциации (Ильин, 2014).

Таким образом, территориальное городское планирование, функциональное зонирование и необходимость включения зелёных поясов и малых элементов в городское пространство для улучшения качества окружающей среды позволяет считать концепцию «города-сада» прародителем современного подхода к городской зелёной инфраструктуре.

Среди современников Э. Говарда в нашей стране следует упомянуть архитектора М. Г. Диканского. Изданная в 1915 г. книга «Постройка городов: их план и красота» представляет собой обзор удачных и неудачных примеров городской планировки и организации пространства в европейских и американских городах. В своём труде автор отмечает воздухоочистительную, рекреационные и эстетические функции зелёного пространства. Уже тогда говорится о недостаточной душевой обеспеченности населения Москвы и Петербурга зеленью и о взаимосвязи «зелёной площади» со здоровьем жителей. Диканский М.Г. не предлагает своей модели идеального города, однако восхищается идеями Э. Говарда и приводит

примеры создания подобных населённых пунктов в России под Ригой и Петербургом (Диканский, 1915).

Ещё раньше обратился к проблеме градостроительства на стыке веков и модели «города-сада» архитектор В. Н. Семёнов. В его работе 1912 г. «Благоустройство города», помимо вопросов развития и организации городского пространства, проанализирована и концепция Э. Говарда. Автор отмечал необходимость разработки подобных, но концептуально отличающихся моделей, адаптированных для разных российских городов в зависимости от природных условий. При росте города, который с его точки зрения является неизбежным, Семёнов считал необходимым создавать несколько «центров притяжения». Но главной для развития идеи «зелёной инфраструктуры» в его трудах является мысль о создании единой системы зелёных пространств и соблюдении норм озеленения (Белоусов, 1980).

Почти одновременно с работами о «городах-садах» становятся популярными и труды о линейных путях организации городского пространства, известные в градостроительстве ещё с 80-х годов XIX в. из работ Сория-и-Мато. В 20-е годы прошлого века популярной становится концепция «лучезарного города» французского архитектора Ле Корбюзье, которая в отличие от говардской, напротив предлагает более высокоэтажную застройку, освоение окраин, разгрузку центра и рост города вдоль транспортных магистралей. Как и «город-сад», «лучезарная модель» также включает много зелёных зон и базируется на функциональном зонировании. Среди наших соотечественников ленточные схемы городов развивали такие советские архитекторы как В. А. Лавров, Н. А. Милютин, И. И. Леонидов и другие. Их основа заключалась в двух параллельных полосах для селитьбы и промышленности, между которыми прокладывалась зелёная полоса (Бунин, 1979). При подобном развитии города, однако, нарушаются экологические связи и естественные ландшафты, из-за чего линейная модель была признана менее устойчивой с точки зрения охраны природы.

Среди прочих сторонников дисперсной говардской модели городского развития стоит назвать В. Кристаллера, Э. Глойдена и наших соотечественников В. В. Владимирова, Ю. П. Бочарова, В. А. Лаврова и других. По мнению Панченко (2010), в основу концепции о городском экологическом (природном) каркасе легли

работы Б. Б. Родомана о «поляризованном ландшафте», при котором растущий город минимально воздействует на естественный ландшафт. Согласно концепции Б.Б. Родомана, такой эффект достигается путём разделения территории на функциональные зоны, удалением заповедных ядер от городских центров и соединением этих ядер «зелёными (экологическими) коридорами» (Панченко, 2010).

В отечественной научной литературе понятие "экологический каркас" чаще начало использоваться в 80-х годах прошлого века в работах В.В. Владимирова, Э.Н. Сохиной, Е.С. Зархина и П. Кавалаяускаса. Являясь механизмом, необходимым в первую очередь для сохранения отдельных природных территорий и геоэкологического зонирования, экологический каркас рассматривался как система природных комплексов с концентрацией высокой биологической активности и особым режимом природопользования. Опираясь на термины - "природный каркас" (Реймерс Н.Ф., Соболев Н.А.), "природно-экологический каркас" (Гриднев Д.З.), "экологический каркас территории" (Елизаров А.В., Пономаренко С.В.), "природоохранный каркас" (Тишков А.А.), "геоэкологический каркас" (Зархина Е.С., Сохина Э.Н.), "биосферный каркас" (Алаев Э.Б.) - другие авторы вкладывали схожий смысл в понятие экологического каркаса. Основопологающей характеристикой любого "зелёного каркаса" являлась взаимосвязанная совокупность именно особо охраняемых природных территорий, приоритетными функциями которых становились сохранение биоразнообразия и способности к самовосстановлению и формирование естественного экологического баланса (Пономарёв, 2012).

Владимиров В. В., развивал концепцию об урбанизированных ландшафтах и экологическом каркасе расселения. Идеи постулировали достижение «экологического равновесия» в системе «общество-природа» путём сохранения минимально изменённых ландшафтов в пределах городах, создания заповедников, питомников и парков. Именно они по Владимирову должны формировать «узлы» экологического каркаса, т.е. ядра концентрации экологической активности, которыми и необходимо руководствоваться при урбоэкологическом зонировании (Владимиров, 1986). В целом, на региональном уровне его модель состояла из таких элементов, как «центральное ядро, зона ограниченного развития, зона преимущественного развития, зона активного хозяйственного освоения, буферная

зона и компенсационная зона», однако подобная модель использовалась и на более локальном уровне для организации городского пространства (Панченко, 2010). Особого внимания заслуживает и понимание «экологической инфраструктуры» по В. А. Николаеву о совокупности экосистем внутри ландшафта, которые выполняют функции защиты окружающей среды (Николаев, 1992).

Идеи «города-сада» частично воплощались в генеральных планах 1920-х и 1930-х годов для крупных городов. Так основанный на радиально-кольцевой планировке генплан Москвы 1918-1924 гг. «Новая Москва», разработанный И. В. Жолтовским и А. В. Щусевым, состоял из пяти колец. Четвёртое представляло собой по застройке и организации «город-сад», тогда как последнее являлось внешним зелёным поясом. Причём каждое «ядро города» окружало озеленённое кольцо бульваров. Центр и внешний зелёный пояс соединяли три зелёных клина (Казусь, 2009). Непринятый генплан «Новой Москвы» сменил план С. С. Шестакова «Большая Москва» на 1921-1925 гг., который также включает пять кольцевых зон. Промышленная должна быть интегрирована с секторами крупных зелёных массивов на юго-западе и северо-востоке. Третье «Садовое кольцо» представляло собой своеобразный «город-сад», в котором застроенные районы разбивались четырьмя крупными лесопарками. Внешний пояс являлся лесооградительной зоной для ограничения роста города и рекреации жителей. Более того, по плану все крупные зелёные массивы соединялись со сплошной лесной зоной вокруг города (Астафьева-Длугач, 1997).

***Водно-зелёная инфраструктура и водно-зелёный диаметр.*** Зачастую вместо понятия зелёная инфраструктура используется термин «водно-зелёная инфраструктура» (*blue-green-infrastructure*). В данной работе ЗИ включает в себя только незапечатанные озеленённые пространства, т.е. не рассматривает водные объекты как часть зелёной инфраструктуры. Водно-зелёная инфраструктура (ВЗИ), соответственно, относится в том числе и к водным объектам, а также одной из основных целей ВЗИ является регулирование ливневых вод и предотвращение наводнений. Таким образом, ВЗИ определяется как взаимосвязанная система из естественных и искусственных элементов ландшафта, которая включает в себя общедоступные озеленённые пространства и водоёмы и выполняет множество функций (O'Donnell, 2021). В данной работе рассмотрена непосредственно зелёная

инфраструктура на ПРТ (т.е. не оцениваются экосистемные услуги водных объектов и водотоков). Реку и зелёную инфраструктуру ПРТ в городе в целом можно было бы рассматривать как отдельные, уникальные элементы ЗИ (или ВЗИ), если бы они представляли собой единый водно-зелёный коридор – так называемый водно-зелёный диаметр. «Водно-зелёные коридоры» ПРТ – это линейные ландшафтные системы в условно-естественных и искусственных коридорах (речные долины, овражно-балочные системы), которые выступают в качестве эколого-рекреационно-коммуникационных полос для обеспечения связи между разными пространственными уровнями ЗИ города (включая связь с пригородной зелёной инфраструктурой) (Сидоренко, 2015). Такие коридоры должны отличаться 1) относительной непрерывностью; 2) преимущественно озеленёнными и открытыми общедоступными пространствами в своей структуре землепользования; 3) соединяющей функцией элементов всех пространственных уровней ЗИ в городе (преимущественно крупных лесопарков) и разных районов города, т.е. выступать в качестве пешеходного, велосипедного, экологического и/или биологического коридоров. Именно последний пункт объясняет необходимость избегать термина «экологический» или «биологический» коридор относительно городского ПРТ: на урбанизированных территориях водно-зелёные коридоры часто выполняют сразу несколько функций, причём не только эколого-направленные (коридоры для миграций и передвижений разных видов, обмена веществом и энергией, формирования коридоров проветривания), но и социально-ориентированные (продолжительные рекреационные и туристические маршруты, «экологически-чистые» транспортные артерии). Зелёный коридор – это более широкое понятие, включающее наиболее разные связующие цели и функции: рекреационные, экологические и культурные (Guneroglu, 2013). Понятие «водно-зелёный диаметр» по определению (Горохов, 1991) ещё уточняет и границы этого «зелёного коридора»: водно-зелёный диаметр города – это система разных открытых озеленённых пространств вдоль пойм городской реки.

Таким образом, чтобы считаться особым пространственным уровнем ЗИ – водно-зелёным коридором или диаметром – необходимо быть не просто преимущественно озеленённым, но и непрерывным связным объектом, и эффективно использоваться на всём своём протяжении (т.е. практически не иметь

необустроенных пустырей, которые даже будучи элементами ЗИ без поддерживающих мероприятий в городах активно загрязняются и деградируют; неиспользуемой заброшенной инфраструктуры; соединять разные части города и пространственные уровни ЗИ). Создание водно-зелёного каркаса и водно-зелёных коридоров затруднительно на поздних этапах проектирования и перепланировки города, поскольку некоторые части ПРТ, необходимые для связности и непрерывности, могут быть уже запечатанными и плотно застроенными. Наиболее успешные проекты создания водно-зелёных каркасов на постсоветском пространстве встречаются в городах, где их создание предусматривалось генеральным планом в ходе масштабной общей реорганизации городского пространства. Среди таких городов выделяются Минск (годы строительства: 1940-1970 гг.), Киев (1950-1980 гг.) и Тбилиси (начало в 1930 г., возобновление проекта с 2013 г.). Также водно-зелёный диаметр планировался в Москве и проект по его созданию был частично реализован за период 1971-1990 гг., после чего многие предназначенные для водно-зелёного диаметра территории были застроены (Кайсарова, 2020). Тем не менее, во многих крупных городах России сегодня на ПРТ остаются большие неосвоенные и неблагоустроенные зелёные пространства, а также бывшие и заброшенные промышленные зоны. Именно эти территории являются основным потенциалом для создания новых (полноценных – на весь город; или частичных – лишь на городскую часть) водно-зелёных коридоров.

Будучи часто занятыми растительностью, приречные территории являются и элементами городского озеленения разного типа. На приречных территориях могут располагаться жилые кварталы, деловая или промышленная зоны, парки и прочие зоны рекреации. По этой причине сложно говорить о единых нормативах озеленения приречных территорий. В основном, они приводятся для разных функциональных зон города, без уточнений или дополнительных рекомендаций для приречной территории. Тем не менее, нормативы по озеленению водоохраных зон и набережных в городах могут иметься в отдельных стандартах благоустройства городов по распоряжению местного правительства: например, «Стандарт благоустройства объектов инфраструктуры отдыха в городе Москве – стандарт благоустройства зон отдыха у воды» (Старобина, Трофимова, 2017).

В целом, зелёная инфраструктура на приречных территориях может значительно отличаться от остальной городской, хотя многие приречные зелёные элементы практически идентичны обыкновенным городским озеленённым территориям – это различные парки, скверы и бульвары, единственной особенностью которых является близость реки, обычно оказывающей более сильный охлаждающий эффект, чем просто растительность, и формирующей открытые пространства в городе. Уникальными объектами зелёной инфраструктуры на приречных территориях являются набережные – линейные объекты вдоль реки, как правило предназначенные для того, чтобы рекреанты в первую очередь ощущали именно близость реки; пляжи – особые элементы зелёной инфраструктуры, предназначенные для рекреации на воде. В силу долинного рельефа приречная ЗИ более целостная и не фрагментированная на неудобных землях, которых на ПРТ много.

Зелёная инфраструктура в городе выполняет ряд благоприятных функций для поддержания не только здоровой городской среды, но и для комфортной жизни горожан – т.е. экосистемных услуг (ЭУ), которые определяются как все блага, которые природные экосистемы приносят человеку. В городе источником ЭУ являются не только отдельные элементы зелёной инфраструктуры, но и общая совокупность этих элементов, которая в результате приобретает качественно новые свойства. В наиболее известной классификации ЭУ из доклада «Оценка экосистем на пороге тысячелетий» предлагается выделять четыре типа услуг: поддерживающие, регулирующие, обеспечивающие и культурные (Millenium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis, 2005). Наибольший объем ЭУ в городе предоставляют леса, реки и речные долины, луга, (т.е. элементы, приуроченные к естественным или полуестественным элементам внутри города). У разных элементов зелёной инфраструктуры имеется своя специализация тех или иных экосистемных услуг. Например, водно-болотные пространства и речные поймы могут выполнять услуги всех типов: от регулирования климата до культурно-просветительной услуги. Мало озеленённые скверы и набережные почти не выполняют каких-либо других услуг, кроме культурных. Пустыри, котлованы и карьеры редко выполняют культурные или регулирующие функции, но несут весомый вклад в формирование объёма обеспечивающих услуг



(Климанова и др., 2020). Приречная зелёная инфраструктура может выполнять некоторые «уникальные» экосистемные функции, не свойственные другим зелёным элементам города. Например, на приречных элементах ЗИ возможна водная рекреация. Также на них могут сохраняться уникальные долинные экосистемы.

Прямая оценка экосистемных услуг ЗИ в биофизических и монетарных показателях на уровне города осложнена с одной стороны размером и количеством объектов исследования, а с другой стороны неполнотой открытых данных. Так, например, для прямой оценки климаторегулирующей услуги ЗИ необходима сеть из постоянных пунктов наблюдений за приземной температурой воздуха, чтобы наиболее точно определить интенсивность и расположение островов холода в городе. Для наиболее верной оценки очищения воздуха зелёной инфраструктурой необходим перечень древесных видов и данные о площади, занимаемой каждым из них, или данные прямых замеров содержания в воздухе загрязняющих веществ. Для большого количества объектов исследования с большой площадью удобно использовать разные методы, основанные на пространственном моделировании. В частности, при помощи цифровой модели рельефа возможно оценить стокорегулирующие и противозрозионные услуги. Открытые геопропространственные данные могут содержать материалы о рекреационных объектах или территориях, пригодных для рекреации. Одним из инструментов наиболее «надёжных» с точки зрения доступности и охвата данных являются мультиспектральные космические снимки, которые позволяют инвентаризировать зелёную инфраструктуру и рассчитывать её состав, состояние и площадь.

## ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Критерии выбора объектов исследования

В качестве объектов исследования были выбраны приречные территории городов России с численностью населения более 500 тыс. чел (они относятся к категориям - крупные и крупнейшие). Из обозначенной группы городов были отобраны те, которые расположены на крупнейших реках (длиной более 1000 км и площадью бассейна более 50 тыс. км<sup>2</sup>) (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Крупные и крупнейшие города России, расположенные на крупнейших реках.

№	Города с численностью населения более 500 тыс. чел.	Численность населения, тыс. чел. (2021 г.)	Главная река	Площадь бассейна главной реки, тыс. км <sup>2</sup>	Длина главной реки, км
1	Новосибирск	1621	Обь	2972	3700
2	<b>Казань</b>	1259	Волга	1360	3530
3	<b>Нижний Новгород</b>	1234	Волга	1360	3530
4	<b>Самара</b>	1137	Волга	1360	3530
5	<b>Уфа</b>	1135	Белая	142	1430
6	<b>Ростов-на-Дону</b>	1135	Дон	422	1870
7	<b>Омск</b>	1126	Иртыш	1643	4248
8	<b>Красноярск</b>	1103	Енисей	2580	3487
9	Пермь	1043	Кама	507	1805
10	<b>Волгоград</b>	1001	Волга	1360	3530
11	Тюмень	829	Тура	80	1030
12	Саратов	818	Волга	1360	3530
13	Тольятти	686	Волга	1360	3530
14	Барнаул	628	Обь	2972	3700
15	Ульяновск	623	Волга	1360	3530
16	<b>Иркутск</b>	617	Ангара	1039	1779
17	<b>Хабаровск</b>	613	Амур	1856	2824
18	Ярославль	594	Волга	1360	3530
19	Оренбург	572	Урал	237	2428
20	Рязань	529	Ока	245	1500
21	Набережные Челны	528	Кама	507	1805
22	Киров	524	Вятка	129	1314
23	Астрахань	519	Волга	1360	3530

**Жирным шрифтом выделены выбранные объекты исследования.**

Из 37 крупных и крупнейших городов России 23 расположено на крупнейших реках, причём из 16 городов-миллионников на крупнейших реках находятся 10 (Новосибирск, Казань, Нижний Новгород, Самара, Уфа, Ростов-на-Дону, Омск, Красноярск, Волгоград, Пермь). Однако, чтобы оценить состояние приречных территорий для крупных городов в разных зонально-климатических условиях, было решено сделать перечень объектов исследования более разнообразным с точки зрения климатических и зональных условий (рис. 2.1): например, выбрать для анализа города зоны лесостепи как европейской, так и сибирской; широколиственных лесов умеренного климата и муссонного; подтайги умеренного климата Европейской части России (ЕЧР) и сибирской с резко-континентальным климатом.

Новосибирск был исключен из списка объектов из-за отсутствия удобных для обработки безоблачных летних снимков Landsat 8 на период 2019-2021 гг. Также были исключены из списка приречные территории Перми, поскольку из всех ПРТ крупнейших городов умеренно-континентальной лесной зоны Европейской части России приречные территории этого города выглядят как наиболее типичные, т.е. у зелёной инфраструктуры ПРТ мало выдающихся черт, которые бы не встречались в других городах этой природной зоны. Так, например, Уфа отличается расположением города между двумя крупными и свободно меандрирующими реками и, соответственно, довольно уникальной для всех объектов исследования U-образной формой приречных территорий. Нижний Новгород находится на слиянии двух крупных рек и расположен относительно равномерно по их берегам. Казань, хоть и расположена только на одном берегу главной реки, как и Пермь, но уникальна тем, что большая часть исторического и культурного центра находится на реке. В результате, вместо Перми и Новосибирска в список исследуемых объектов были включены приречные территории городов Дальневосточного и Восточносибирского экономических районов с лесным умеренным резко-континентальным и муссонным типами климата соответственно – Иркутск и Хабаровск.

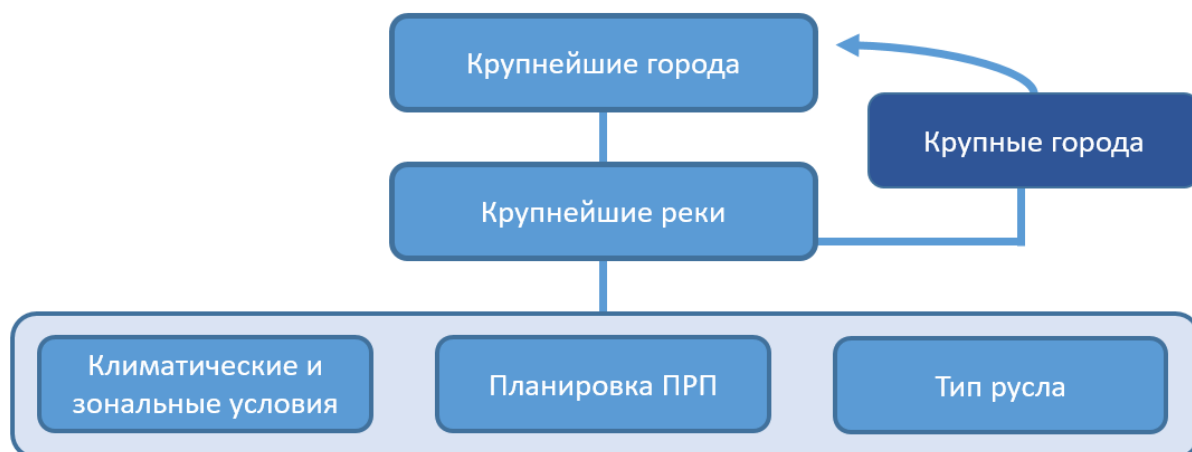


Рис. 2.1. Процесс выбора объектов исследования.

В результате, объектами исследования стали ПРТ следующих городов: Самары, Омска, Уфы, Красноярска, Иркутска, Нижнего Новгорода, Ростова-на-Дону, Волгограда, Казани и Хабаровска (рис. 2.2). Из них:

- четыре города относятся к степной и лесостепной природной зоне умеренного умеренно-континентального климата (Волгоград, Самара, Ростов-на-Дону – Поволжский и Северо-Кавказский экономические районы в Европейской части России; Омск – Западно-Сибирский экономический район);
- три города – к лесной природной зоне умеренного умеренно-континентального климата (Нижний Новгород – Волго-Вятский экономический район; Казань – Поволжский экономический район; Уфа – Уральский экономический район);
- два города – к лесной природной зоне умеренного резко-континентального климата (Иркутск, Красноярск – Восточно-Сибирский экономический район);
- один город – к лесной природной зоне умеренного муссонного климата (Хабаровск – Дальневосточный экономический район).

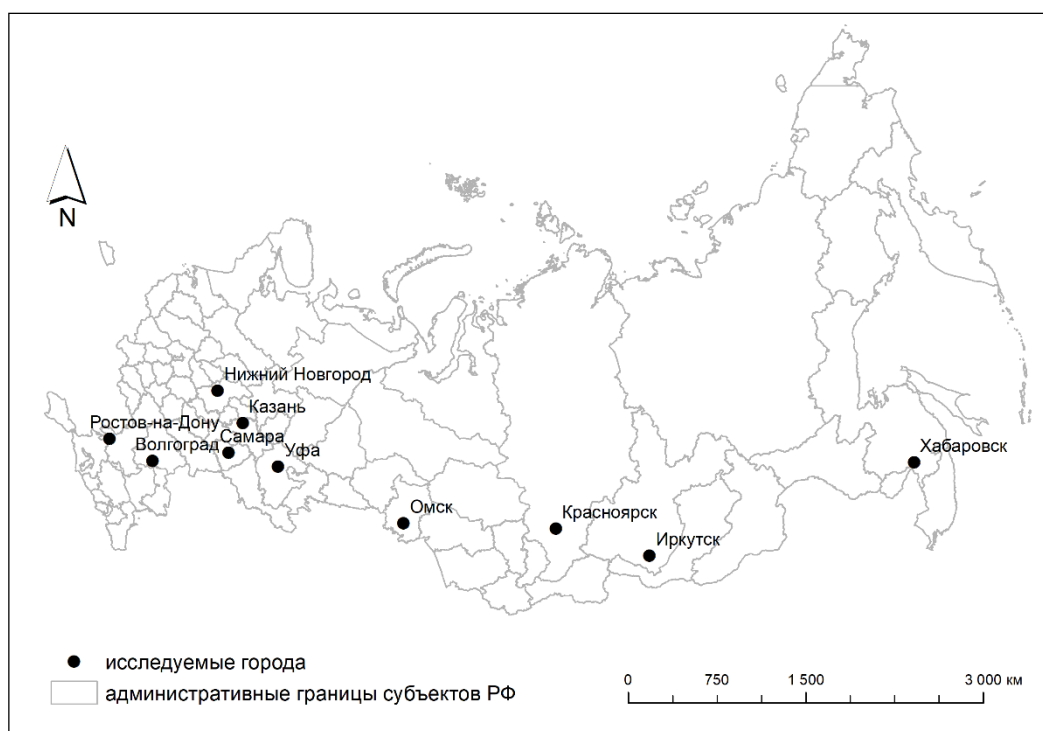


Рис. 2.2. Расположение городов исследования

В рамках данной работы исследованы приречные территории десяти крупных городов России, расположенных на крупнейших реках. ПРТ были выделены только для главной реки (под «главной» рекой подразумевается наиболее крупная река в пределах города). Исключениями являлись Нижний Новгород и Уфа, где ПРТ были выделены для двух главных рек: Оки и Волги в первом случае, и Уфы и Белой во втором. В этих городах обе реки практически одинаково определяют планировку городов, а их приречные территории в равной степени распределены по городу (т.е. внутри города реки имеют относительно равную длину). Более того, нижегородская «стрелка» является важным географическим маркером – местом слияния двух крупных рек, которое необходимо учитывать при оценке роли и значения ПРТ в городе. Уфа же изначально строилась и развивалась на так называемом Уфимском полуострове, который формируют реки Белая и Уфа. Эти реки, с одной стороны, являлись основным ограничителем роста города, а с другой – необходимым условием для безопасного существования и вектором его развития.

Для данной работы были выбраны только те крупные города, которые расположены именно на крупнейших реках. Классификация рек по размеру проводится по показателям их длины, площади бассейна и водоносности (средний многолетний расход воды или средний многолетний сток). Однако, водоносность

реки значительно изменяется в зависимости от природной зоны (Алексеевский, 2013). Все исследуемые города расположены в разных природных зонах, поэтому для критериев выделения крупных рек были использованы только два показателя: длина и площадь бассейна (табл. 2.2). Поэтому все реки, на которых были выделены приречные территории, относятся к типу крупнейших, т.е. длиной более 1000 км (за исключением р. Уфы, чья длина близка к 1000 км и которая была выбрана в силу своей планировочной значимости) и площадью водосбора более 50 000 км<sup>2</sup> (Алексеевский, 2013).

Таблица 2.2. Основные характеристики главных рек исследуемых городов, типы их русел и русловых процессов.

<b>Река</b>	<b>Площадь бассейна, тыс. км<sup>2</sup></b>	<b>Длина реки, км</b>	<b>Средний годовой сток, км<sup>3</sup></b>	<b>Тип преобладающего руслового процесса в пределах границ города</b>	<b>Морфо-динамический тип русла</b>
Амур (Хабаровск)	1856	2824	404	Пойменная многорукавность	Меандрирующий
Ангара (Иркутск)	1039	1779	142	Пойменная многорукавность	Меандрирующий
Белая (Уфа)	142	1430	117	Свободное меандрирование	Меандрирующий
Волга (Казань, Самара, Волгоград, Нижний Новгород)	1360	3530	254	Волгоград – пойменная многорукавность Самара – на водохранилище Н. Новгород – пойменная многорукавность Казань – на водохранилище	Разветвлённый
Дон (Ростов-на-Дону)	422	1870	29	Ограниченное меандрирование	Прямолинейный
Енисей (Красноярск)	2580	3487	624	Пойменная многорукавность	Врезанный
Иртыш (Омск)	1643	4248	95	Русловая многорукавность	Меандрирующий
Ока (Нижний Новгород)	245	1498	40	Русловая многорукавность	Прямолинейный
Уфа (Уфа)	53	918	4	Свободное меандрирование	Меандрирующий

*Площадь бассейна, длина реки и средний годовой сток – по данным Государственного водного реестра за 2011 г.; классификация типов русла и русловых процессов по (Барышников, Чалов, 2006). Тип русла и преобладающего руслового процесса для конкретных рек определён по космическим снимкам на основе сведений о формах и характеристиках разных русел и пойм из работы (Барышников, Чалов, 2006).*

Выбор именно крупнейших рек был обусловлен тем, что прилегающие к ним пространства в крупных городах наиболее функционально разнообразны и неоднородны, и именно их приречные территории обустраиваются в первую очередь. Малые реки не всегда способны влиять на планировку города в силу незначительной глубины и выраженности долины – малые реки часто проще вписать в планировку, например, убрать в коллектор или оставить часть её долины в виде парка. Крупные реки труднее трансформировать под нужды города, поэтому город «подстраивается» под реку – улицы соответствуют линиям рельефа долины, «первая линия» (набережная) города часто функционально и культурно отличается от остальных частей города, вдоль крупных рек могут формироваться уникальные интразональные экосистемы, необходима специальная инфраструктура для безопасной и комфортной интеграции реки в жизнь города (зарегулирование русла, строительство дамб и мостов, укрепление берегов) и, наконец, крупные реки могут предоставлять как большую угрозу, так и большой объём некоторых экосистемных услуг (Silva, 2017). Всё это не всегда прослеживается на малых реках, особенно в крупных городах.

Необходимо также понимать, что участки рек, к которым прилегают исследуемые приречные территории, располагаются в пределах урбанизированных территорий, где их русла частично потеряли естественный вид и испытывают воздействие разных инженерных сооружений (или мероприятий), которые неоднозначно влияют на динамику и морфологию русла (Чалов, 2019).

## **2.2. Общая физико-географическая характеристика городов и их приречных территорий**

Далее приведена краткая физико-географическая характеристика городов и приречных территорий, а также описание этапов их градостроительного освоения.

Города приведены в порядке изменения их природных зон: лесная зона ЕЧР – степная и лесостепная зона ЕЧР – сибирская степная и лесостепная зона – сибирская лесная зона – дальневосточная лесная зона.

*Нижний Новгород. Рельеф.* Нижний Новгород лежит на пластовых равнинах Восточно-Европейской платформы. Город находится в пределах Центрально-Московской провинции Волжско-Окской области низменных аллювиально-зандровых равнин с холмисто-рядовым ледниковым рельефом. Правый берег Волги и Оки, где заканчивается Приволжская возвышенность, является наиболее высокой частью города (Дятловы горы), тогда как левобережье представляет собой низменную песчаную равнину (Трубе, 1978). По территории Нижнего Новгорода проходит граница между Северорусской и Среднерусской ландшафтно-геоморфологическими областями, которая делит всю Нижегородскую области на две части: Нижегородские Окско-Волжское лево- и правобережье. Эта граница проходит по подножию крутых правобережных коренных склонов долин рек Оки и Волги, являющихся северными обрывами Приволжской возвышенности. Подобные откосы и называются Дятловыми горами (хотя в геоморфологическом смысле это не настоящие горы, а эрозионные обрывы поверхностей выравнивания с высотой над урезом воды до 120 м) (Фридман, 2011).

*Климат.* Город принадлежит атлантико-континентальной европейской лесной климатической области умеренного пояса. Среднегодовое количество осадков 683 мм, максимум осадков приходится на июнь – 78 мм; минимум – на март – 38 мм. Среднегодовая температура воздуха +5°C, с самым тёплым месяцем июлем (+20°C) и холодным- январём (–8°C) (Climate Data, 2022).

*Почвенно-растительный покров.* Зональный тип растительности сохраняется в лесопарках Нижнего Новгорода и в овражно-балочной сети. Он представляет собой лещино-снытевые дубравы, однако дуб в большинстве случаев сменился липой или клёном. Достаточно распространены мелколиственные леса (берёзовые и осиновые). По берегам водоемов в нагорной и заречной частях Нижнего Новгорода встречаются черноольшанники с преобладанием смородины и крушины в подлеске. На заброшенных сельскохозяйственных угодьях произрастают заросли ивы и берёзы повислой. Луга представлены в основном сообществами с преобладанием ежи сборной, на травянистых склонах долины и поймах Волги и Оки доминирует кострец



безостый. Парковая растительность в основном состоит из сосны обыкновенной, ясеня американского, тополя бальзамического (Мининзон, 2019).

Почвенный покров в Нагорной части города представлен по большей части светлыми серыми лесными почвами и их измененными антропогенными аналогами. (Платонычева, 2019).

*ПРТ Волги и Оки.* Как и многие древние поволжские города, Нижний Новгород появился в качестве форпоста на торговом пути, на удобном для обороны местоположении на слиянии двух крупных рек. Планировка города относительно Волги здесь отличается ярусностью, с Кремлём на верхнем высотном уровне (верхняя терраса), культовыми постройками на следующей террасе и жилыми помещениями на нижней. Из-за полноводности Волги в районе города осваивался только один высокий правый берег. Большая часть улиц повторяет контуры Волжской долины и параллельны реке. Что касается Оки, то улицы по большей части перпендикулярны ей. Тем не менее, набережные реки Оки являются важной композиционной осью застройки и выступают в качестве участков последовательного визуального восприятия внутренних городских пространств («разреза» города), которые функционально связаны мостами. Ширина русла Оки не позволяет визуально связать застройку противоположных берегов, поэтому по реке формируется двусторонняя система архитектурных ансамблей по перпендикулярной Оке линии (Волкова, 2019).

Еще в советские времена появилась проблема визуального загрязнения исторических культурных ландшафтов приречных территорий многоэтажными домами, которые конфликтуют по масштабу, этажности и стилю со старинными постройками и создают на первой линии застройки высокую непроглядную стену. Между тем, Кремль и Волжская набережная в целом являются не только композиционным акцентом Нижегородской панорамы, но и главным объектом визуальной идентичности города (Волкова, 2019).

Растительность приречных территорий Оки и Волги достаточно разнообразная. Песчаные берега Оки в пределах города заняты лесными сообществами из американского клёна с вязом гладким в подлеске. На левобережной части поймы Волги распространены сосновые боры, которые во время половодья заливаются водой, благодаря чему их семена в шишках могут достигать других пойм

ниже по течению (в т.ч. полуостров Печерские Пески, на котором встречаются краснокнижные ракитники – русский и Цингера, - дрок, грушанки; а в низинной его части произрастают вязы, ивы, тростник и осоки) (Мининзон, 2019).

**Казань. Рельеф.** Казань расположена на Заволжской низменной аккумулятивной равнине плиоценового прогиба в Северном Заволжье в пределах Русской равнины. В отличие от городов, расположенных на правом берегу Волги, в Казани на берегах Волги не развиваются активные склоновые процессы, но геоморфологические характеристики Волги в данном районе благоприятны для развития оврагообразования в пределах Казани. Овражная эрозия больше всего распространена на третьей надпойменной террасе с хорошо выраженным уступом и эрозионно-холмистым рельефом. Также формированию овражной сети в пределах города способствуют супесчано-суглинистые и лессовидные горные породы, которые относительно активно размываются (Сафина, 2018).

**Климат.** Казань относится к атлантико-континентальной европейской климатической области умеренного пояса. Среднегодовое количество осадков 630 мм, с максимумом в июле (70 мм) и минимумом в январе (10 мм). Среднегодовая температура воздуха +5°C, самый тёплый месяц – июль со средними температурами +20°C, самый холодный – январь (–10°C) (Climate Data, 2022).

**Почвенно-растительный покров.** Зональная растительность Казани представлена преимущественно широколиственными и тёмнохвойно-широколиственными лесами с дубом черешчатым, липой сердцевидной и клёном остролистым (Экология города Казани, 2005). Липа мелколистная и берёза повислая составляют основу древостоя в большинстве парков города. Из интродуцированных видов, которые составляют около 40% всех древесных видов городского озеленения наиболее широко представлены тополь бальзамический, тополь пирамидальный и каштан конский. Представители зональной растительности (дуб черешчатый, клён остролистый) мало представлены в центральных парках города. Зональными видами почв Казани являются дерново-подзолистые почвы с разной интенсивностью развития в них процессов оглеения и оподзоливания, чаще суглинистого механического состава (Прохоренко, 2018).

**ПРТ Волги.** Казань, как и многие другие приволжские города, сформировалась не столько на самой Волге, сколько на её притоке, на третьей надпойменной террасе

и высоком берегу Казанки (приток). От Волги город отделялся широкой поймой, поэтому до середины XVI в. Казань развивалась только на верхних террасах и росла в сторону от реки. Поймы практически не осваивались, хотя на них и появилось несколько слобод для более бедного населения (Мокрая, Ямская). Река Казанка связывала город с Волгой, поэтому у Казани не имелось стимула расти навстречу большой реке. Со строительством Куйбышевского водохранилища (1956 г.) Волга затопила пойму, т.е. река вплотную подошла к городу (ко второй надпойменной террасе), тем самым сформировав сложную береговую линию со множеством заливов, некоторые из которых сегодня слабо «промываются», из-за чего в них развиваются застойные процессы и, соответственно, накапливаются загрязняющие вещества. Несмотря на то, что река теперь находится близко к историческому центру, развитие города всё же происходило изолированно от Волги и сегодня в значительной мере занято промышленными зонами (Куприянов, 2011). Пойменные острова у Казани заняты низкоствольными снытевыми или ландышевыми дубравами. Зональными типами почвы в Казани являются серые лесные (Невидомов, 2002).

*Уфа. Рельеф.* Уфа располагается в междуречье Уфы и Белой (Уфа-Бельское междуречье или «Уфимский полуостров»), которое является малым структурным элементом Благовещенской впадины Камско-Бельского прогиба в пределах Приуральской провинции Бугульминско-Белебеевской пластово-ярусной возвышенности-антеклизы. На Уфа-Бельском междуречье имеется более 60 карстовых полей, а также несколько заброшенных карьеров и штольней, где производилась добыча гипса (Абдрахманов, 2016). Рельеф на территории города (на «Уфимском полуострове») грядово-всхолмлённый. Водораздельное плато и склоны крупнейших рек города относятся к структурно-эрозионно-денудационному типу рельефа Уфа-Бельского междуречья и являются наиболее высокой частью города (некоторые водораздельные увалы достигают высоты 250 м) (Барышников, 2015).

*Климат.* Город располагается в атлантико-континентальной европейской лесной области умеренного пояса. Среднегодовое количество осадков 681 мм, максимум осадков приходится на октябрь – 72 мм; минимум – на февраль – 42 мм. Среднегодовая температура воздуха +5°C, с самым тёплым месяцем июлем (+21°C) и холодным – январём (–12°C) (Climate Data, 2022).

*Почвенно-растительный покров.* Основной древесной породой на озеленённых территориях общего пользования являются липа мелколистная, тополь бальзамический и берёза повислая. Хвойных деревьев (елей, лиственниц и сосен) в парках города значительно меньше (Блонская, 2014). Остатки естественной зональной растительности сохраняются в городских лесопарках, на некоторых склонах крупных речных долин. Это широколиственные липово-дубовые леса. По глубоким логовам (оврагам) произрастают леса из липы и клёна остролистного. На обнажённых карбонатных породах (известняки, доломиты) на крутых и высоких перегибах рельефа обнаруживаются ксерофитные дубняки, произрастающие на маломощных карбонатных почвах (Исяньюлова, 2013).

Поскольку Уфа располагается на границе северных и типичных лесостепей, зональными типами почв здесь являются тёмные серые лесные почвы, приуроченные к водоразделам, и выщелоченные чернозёмы, свойственные надпойменным террасам левобережья (Минигазимов, 2019).

*ПРТ Белой и Уфы.* Изначально город рос от точки, где нынче расположен Монумент Дружбы, именно там был заложен Уфимский кремль (Троицкий холм). Деревни и слободы строились далеко вглубь «Уфимского полуострова», удобного с точки зрения обороны за счёт окружающих земли крупных рек. Кремль на берегу Белой уже тогда начал оставаться «в стороне» от растущего города. Пожар в 1759 г., из-за которого сгорели практически все укрепления Кремля и соседние дворы, колоссально изменил функциональную планировку города. Как таковой Кремль уже не восстанавливается, административный центр несколько смещается от реки вглубь и отделяется от остальной части города освободившимися после пожара от застройки землями (в целях безопасности в случае нового возгорания). С XIX в. город начинает развиваться в западной части Уфимского полуострова – его наиболее ровной и сухой части. Позже, в 1890-х годах в Уфе появляется железная дорога, проходящая как раз по этим наиболее ровным участкам города, что окончательно определяет стягивание населения и формирование делового центра города в его юго-западной части. В результате, несмотря на стратегическую ценность рек с точки зрения обороны, население и сам город долгое время существовали несколько удалённо от Белой и Уфы (Шпанова, 2015).

Поскольку город развивался на возвышенной части «полуострова» и поначалу практически не строился на террасах долины, планировка города сначала слабо совпадала с контурами речной долины. Самый первый («старый») город представлял собой стихийную застройку вокруг крепости с формой радиального полукольца. «Новый» город образовался уже в XIX в. западнее старого (Уфимской крепости) и полностью на плоской возвышенности, подходящей для прямоугольной планировки. В начале XX в. из-за роста численности населения и нехватки жилья, город начал хаотично расти по наименее удобным для освоения территориям – по оврагам, склонам долины и более низким террасам. В этот момент город как никогда подошёл ближе к реке (западный район Уфы – Нижегородка). На последнем этапе планировки города (1930-1990-е гг.) уже был разработан генеральный план, учитывающий функциональное зонирование города, в результате которого город приобрёл линейную структуру, вытянутую вдоль реки Белая, а также промышленные районы в северной части приречных территорий (Стукалов, 2014).

Обширные поймы рек Белая и Уфа заняты разнотравными лугами на аллювиальных почвах с ленточными лесами из тополей на прирусловой части поймы (Кагарманов, 2011). Сегодня достаточно крутые склоны речных долин Белой и Уфы являются одними из наиболее крупных ядер зелёного каркаса города – именно на них сохраняются большие зелёные массивы.

*Ростов-на-Дону. Рельеф.* Ростов-на-Дону располагается в пределах Североприазовской равнины Понто-Каспийской провинции в Азовско-Кубанском районе дельтово-морской четвертичной аккумулятивной равнины, перекрытой лёссовидными суглинками. Наиболее высокие участки (до 117 м) расположены в юго-западном, северном и северо-восточном районах города, а наиболее низкие (0,4 м) в долине р. Темерник и на левом берегу Дона. Вся территория Ростова-на-Дону расчленена большими овражно-балочными системами, в основном приуроченными к долине Темерника и правому берегу Дона. Первоначальный рельеф города практически не сохранился в результате нивелирования и засыпки оврагов и балок и закрепления склонов, что ослабило их денудацию. Однако некоторые склоновые участки города в долинах рек, особенно сложенные лёссовидными суглинками с выходящими на поверхность грунтовыми водами, по-прежнему подвержены оползневым процессам (Назаренко, 2013).

*Климат.* Город находится в атлантико-континентальной европейской степной области умеренного пояса. Среднегодовое количество осадков 557 мм, максимум осадков приходится на май – 60 мм; минимум – на август – 33 мм. Среднегодовая температура воздуха +11°C, с самым тёплым месяцем – июлем (+25°C) и холодным – январём (–2°C) (Climate Data, 2022).

*Почвенно-растительный покров.* Селитьба и интенсивное сельское хозяйство в пределах степных городов в значительной степени изменили фитоценозы. Сохраняющиеся в ООПТ, отдельных зелёных зонах и неудобных для освоения крутых балочных склонах участки естественной растительности представляют собой разнотравные-дерновиннозлаковые типчаково-ковыльные степи в южных городах, которые сменяются луговыми степями с широколиственно-сосновыми лесами на севере (Хрусталёв, 2002). В целом, из древесных растений в городе преобладают породы более южных ареалов, поскольку они характеризуются высокой засухоустойчивостью, подходящей для климатических условий Ростова-на-Дону (Козловский, 2011).

Непромывной режим почв способствует накоплению в среднегумусных обыкновенных чернозёмах на лессовидных суглинках.

*ПРТ Дона.* У долины Дона в границах города хорошо выражены террасы. В целом выделяют четыре: пойменную (3-4 м), первую надпойменную (10-12 м), вторую надпойменную (16-25 м) и третью надпойменную (25-60 м). Наиболее чётко в рельефе выражены пойма и первая надпойменная терраса. На поймах и второй надпойменной террасе находится большое количество родников, частично влияющих на развитие оползневых процессов в пределах города на склонах, покрытых лёссовидными суглинками (Назаренко, 2011). Вдоль речных долин формируются пойменные леса из ив и тополей, а в более засушливых южных городах в некоторых балках сохраняются байрачные леса с мелколиственными и отдельными широколиственными породами (Дмитриева, 1998). Поймы на более возвышенных участках (заливаемых на сравнительно небольшой период времени) заняты дубравами; на более низких – осокоревыми лесами из тополя, осины и вербы; вдоль русла часто распространены ивняки, а остальная часть поймы обычно занята кустарниками (шиповник, черёмуха) и осоковыми лугами (Проконова, 2011).

В отличие от других исследуемых в данной работе городов, Ростов-на-Дону является относительно молодым городом второй половины XVIII в., и его основной функцией долгое время оставалась торговля (город сначала являлся Темерницкой таможней). Большая часть приречных территорий города была занята портовыми складами, а на слиянии Темерника и Дона находились корабельная верфь и пристань. Проведение железной дороги в Ростове-на-Дону только увеличило товарооборот, проходящий через город. Поэтому порт вместе с набережными реки было принято расширять, а берега осваивать дальше для торговых и транспортных целей. В 50-е годы XX в. реализовалась архитектурная идея «вернуть город лицом к Дону», т.е. отойти от промышленной и торговой специализации приречных территорий, создать комплексную панораму города со стороны реки с озеленённой набережной для рекреации и малоэтажной застройки, - и сделать реку основной композиционной осью города (Москаленко, 2018). До этого центральная историческая часть Ростова-на-Дону была построена по канонам регулярного русского градостроительства XVIII в. При первой планировке крупная планировочная ось также шла параллельно Дону с запада на восток, однако поскольку река была занята преимущественно торговой инфраструктурой, развитие жилой части города происходило в стороне от самого Дона. Относительно узкая правобережная пойма главной реки и ровная поверхность водораздела позволяли формироваться городу по строго регулярной структуре (Гусева, 2021).

Сегодня в Ростове-на-Дону наблюдается проблема устаревшей и неиспользуемой застройки коммунальных и промышленных территорий на правом берегу Дона. Генеральный план города на 2007–2025 годы включает в себя план реконструкции набережной главной реки. Для благоустройства левого берега Дона в черте города, по большей части занятого обширными поймами, предлагалось несколько концепций освоения, в т.ч. «Градоекологическая концепция левого берега реки Дон в Ростове-на-Дону» (2004 г.), предполагающая досугово-рекреационное использование территории; «Земля А – Левый берег Дона» (2012 г.), рассматривающая возможность застройки территории высотными многофункциональными сооружениями, и т.д. (Садковская, 2017). В 2022 г. был утверждён проект по созданию жилого многоэтажного района на левом берегу Дона. В целом, обустройство и строительное освоение левобережья сегодня является

одной из основных задач градостроителей Ростова-на-Дону в рамках решения вопроса ограниченности территории для строительства (Остапенко, 2022).

**Волгоград. Рельеф.** Волгоград находится в границах Приволжско-Ставропольской провинции молодых поднятий на Приволжской аккумулятивной возвышенности, а также на Прикаспийской низменности со ступенями морской абразионно-аккумулятивной террасы. Наиболее приподнята центральная часть города. Глубина речной долины достигает 40 м; дальше от Волги (на удалении до 3 км) начинается цепь пологих холмов с абсолютными отметками до 100 м. Южная часть города принадлежит Ергенинской возвышенности. Восточная часть города занята Сарпинской низменностью (Омаров, 2020).

**Климат.** Город расположен в атлантико-континентальной европейской степной области умеренного пояса. Среднегодовое количество осадков 420 мм, с максимумом в декабре (до 45 мм) и минимумом в августе (около 25 мм). Среднегодовая температура воздуха +15°C, максимум наблюдается в июле (+25°C), минимум в январе (среднемесячная температура опускается до -5°C) (Climate Data, 2022).

**Почвенно-растительный покров.** Волгоград располагается в зоне типчаково-ковыльных степей. Древесные растения в городе находятся в малоблагоприятных условиях для их роста и развития, однако во конце прошлого века в Волгограде создаётся «зелёное кольцо» из сосновых лесозащитных полос (Сучков, 2016). Зональные почвы – светло-каштановые солонцеватые – деструктурированы и заменены урбаноземами (Буруль, 2015).

**ПРТ Волги.** В Волгограде – одном из наиболее вытянутых городов России, река является также и уникальной градообразующей осью. Так, природный каркас города складывается из трех параллельных реке полос: центральная – акватория реки Волги; правый берег Волги – террасированная возвышенность с проходящей по периметру застроенной части города защитной лесополосой; левый берег Волги – низменная пойма с островами и протоками в верховье Волжской дельты. Осью градостроительной композиции Волгограда является река Волга, вдоль которой в центральной части создана набережная. Вдоль прибрежной зоны на высоком берегу располагается сплошная система озелененных пространств из парков и бульваров. Прибрежные насаждения состоят из хвойных и лиственных пород.



В 1920-е годы Милютин Н.А. предложил теорию планировки линейного города, которая была разработана для Сталинграда (Волгограда). Особое значение придавалось функциональному зонированию города, т.е. чтобы каждой полосе («ленте») города соответствовала своя функция: непосредственно вдоль Волги парковая полоса, далее жилая, зеленая и промышленная, а «контуром» самого города является железная дорога. Такая идея планировки была частично воплощена при строительстве небольшой части Краснооктябрьского района – в остальных районах эту концепцию было трудно воплотить в жизнь из-за уже существующих промышленных зон на берегах Волги (Ковалёва, 2010).

Конус дельты Волги в границах Волгограда и его южных пригородов формирует узкую акваторию с большим количеством тянущихся друг за другом, линейно вытянутых островов. Формирование и изменение форм и размеров островов в черте города также частично связано с деятельностью человека, в частности с зарегулированием стока Волги, из-за которого происходят достаточно значимые суточные и недельные колебания уровня воды, водности и скорости течения реки, что способствует образованию береговых террас на островах. На высоких террасах крупных островов преобладают климаксные леса, постепенно деградирующие в степи. На более мелких островах наблюдаются молодые растительные сообщества (в т.ч. сукцессионные) и множество участков без растительного покрова. Ленточные поросли вдоль берега формируются из чёрного тополя и ивы (Судаков, 2015).

Примечательно, что Волгоград был тесно связан с волжскими островами ещё на самых ранних этапах создания города, который изначально был заложен на острове Голодный (раньше остров Царицын). Более того, на острове Сарпинский ещё с конца XVII века проживало достаточно многочисленное население, занимающееся рыбным промыслом и скотоводством. Сегодня население на островах значительно меньше, они в основном используются населением для рекреации (Судаков, 2015).

*Самара. Рельеф.* Самара располагается на юго-западе Бугульминско-Белебеевской возвышенности в орографической провинции Высокого Заволжья. Территория данной зоны значительно расчленена развитыми речными долинами, балками и оврагами, коим присущи оползневые процессы. Также из-за лёссовидного

характера грунтов имеют место просадочные явления. Отдельные поймы рек подвержены заболачиванию. Рельеф на всей территории Самары умеренно всхолмлённый с наибольшей высотой (282 м) в северной части города в Сокольных горах (условных «горах», как и в Нижнем Новгороде это фактически эрозионные обрывы поверхностей выравнивания). На водоразделе залегают каменноугольные и пермские породы, представленные доломитами и известняками. На участках с карбонатными и сульфатными породами обнаруживаются карстовые воронки (Гусев, 2016).

*Климат.* Самара расположена в атлантико-континентальной европейской степной области умеренного пояса. Среднегодовое количество осадков 560 мм, максимум осадков приходится на июнь – 57 мм; минимум – на февраль – 37 мм. Среднегодовая температура воздуха +6°C, с самым тёплым месяцем июлем (+23°C) и холодным – январём (–10°C) (Climate Data, 2022).

*Почвенно-растительный покров.* Город располагается на границе степной и лесостепной природных зон, поэтому современная растительность Самары сформировалась на основе лесостепных и степных видов. Зональная растительность частично сохраняется в городе на территориях ООПТ (например, на территории памятников природы «Соколы горы и берег Волги между Студеным и Коптевым оврагами», «Жигулёвские ворота»), а также на долинных склонах. Она представляет собой широколиственные дубово-липовые леса. На месте сведённых дубрав развиваются кустарниковые степи. В парках Самары также довольно высоко участие дуба черешчатого, однако его возобновление в них практически отсутствует. Также в элементах зелёной инфраструктуры города присутствует много тополей, клёнов, каштанов, вязов. Хвойные породы в озеленении Самары участвуют мало – летняя жара приводит к отмиранию крон. Зональные почвы лесостепной зоны представлены выщелоченными чернозёмами в разной степени деградации. Леса произрастают в основном на серых лесных почвах (Ильина, 2010).

*ПРТ Волги.* Низкая пойма долины Волги в Самаре фиксируется на абсолютных отметках 22-26 м, высокая до 35 м. Первая и вторая надпойменные террасы не разделяются и их отметки варьируют от 30-35 м до 40-50 м. Высота третьей террасы 40-50 м – 60-75 м. Первые и вторые надпойменные террасы в

значительной степени поражены оврагами, засыпанными в исторической части города. Нижние части террас периодически затапливаются Волгой (Гусев, 2016).

Возникнув на удобном для обороны мысу при впадении реки Самары в Волгу в XVI в., город носил преимущественно военно-оборонительное значение на юге Руси, хотя и имел не менее выгодное положение с точки зрения торговли, которой, однако, препятствовали набеги кочевников. Геолого-геоморфологические условия на «мысе» оказались достаточно сложными для сплошного освоения, в результате чего стены крепости растянулись на значительные территории, огибая проблемные участки. По этой же причине застройка города долгое время оставалась хаотичной (здания сооружались по принципу «где получится»), пока в 1782г. Самара не получила собственный генеральный план с регулярной застройкой. Тогда улицы начали ориентировать параллельно Волге и создавать прямоугольные кварталы – исключением оставался только район с древней крепостью (Мямина, 2016).

Набережная Самары оставалась мало привлекательной для населения города с точки зрения прогулок и досуга вплоть до 1930-х годов. До этого времени её в основном занимали складские помещения, биржи и торговые ряды. Как таковая фоновая застройка набережной Волги в Самаре окончательно сформировалась только к 70-ым годам прошлого века (Каракова, 2015).

Сейчас набережные Волги в Самаре отличаются довольно высокой степенью озеленённости, а также наиболее богатым разнообразием древесной растительности (коренной и интродуцированной). Поймы реки в черте города заняты ивами с осоками и водно-болотной растительностью. На верхних поймах и пойменных гривах обнаруживается лугово-степная растительность (Сенатор, 2020).

*Омск. Рельеф.* Омск находится во Внешней провинции аллювиальных равнин Прииртышского района. Город занимает относительно ровную плоскую равнину, в отдельных местах имеющую небольшие западины и ложбины. Значительная часть Омска занимает первую террасу правого берега р. Иртыша, но наиболее высокая часть города лежит на водораздельной поверхности на северо-востоке (Буданова, 2003).

*Климат.* Город располагается в континентальной западно-сибирской южной области умеренного пояса. Среднегодовое количество осадков 460 мм, максимум осадков приходится на июль – 66 мм; минимум – на февраль – 18 мм. Среднегодовая

температура воздуха  $+2,5^{\circ}\text{C}$ , с самым тёплым месяцем июлем ( $+20^{\circ}\text{C}$ ) и холодным-январём ( $-17^{\circ}\text{C}$ ) (Climate Data, 2022). Из всех исследованных городов в данной работе Омск находится в наиболее засушливом климате.

*Почвенно-растительный покров.* В городе сохраняются небольшие участки березовых (берёза повислая – *Betula verrucosa*, берёза пушистая – *Betula pubescens*, с примесью осины обыкновенной – *Populus tremula*), смешанных берёзово-сосновых и ленточных сосновых лесов вдоль рек. Преобладающими типами степи здесь являются ковыльно-типчаковые (окрестности Омска), представленные в основном ковылём песчаным (*Stipa Joannis*) и овсецом пустынным (*Helictotrichon rum*), и разнотравно-злаковые. На поймах и по долинам формируются ивово-тополевые леса (ива белая – *Salix alba*, ива прутовидная – *Salix viminalis*) (Буданова, 2003). В окрестностях Омска встречаются берёзово-осиновые колки. Для городского озеленения обычно используются клен ясенелистный, береза бородавчатая, липа мелколистная, тополь бальзамический, ива древовидная и лох серебристый (Боже, 2001).

Для данной природной зоны характерны выщелоченные и оподзоленные чернозёмы и лугово-чернозёмные почвы. Под лесами обычно распространены оподзоленные серые лесные почвы. Встречаются солончаки и солонцы. (Лисовой, 2005). Почвенный покров под ленточными боровыми лесами представлен в основном песчаными и супесчаными дерново-подзолистыми почвами (Ильин, 2017).

*ПРТ Иртыша.* Омск также формировался как город-крепость на слиянии крупных рек в XVIII веке для защиты владений России от кочевников на юге Западной Сибири. Именно расположение крепости на мысу (стрелке Иртыша и Оми) и определило дальнейшую планировку и вектор развития Омска. Любопытна лучевая форма планировки исторического центра города – улицы расходятся лучами от крепости на мысу, соединяясь радиальными улицами в нескольких местах. Отсутствие чёткой параллельности улиц речным осям обусловлено в данном случае относительной ровностью рельефа и размером долин Иртыша и Оби (Акимова, 2016).

Исторический центр Омска сформировался в виде своеобразного зеленого полукольца у впадения реки Обь в Иртыш. Эта зона шириной около 260 м опоясывала с XVIII века городскую крепость, и со временем превратилась в первый

зеленый кольцевой каркас современных парков и скверов. Во время Великой Отечественной Войны в Омск, как и в другие сибирские города, были эвакуированы многие промышленные предприятия, вследствие чего приречные территории по большей части приобрели промышленную специализацию (Пойдина, 2006).

Для Иртышских островов характерны ивово-тополевые кустарниковые сообщества с преобладанием ивы белой, прутовидной, козьей и прочих, и тополя чёрного. Среди кустарников наибольшее распространение получили ежевика сизая и смородина чёрная (Буданова, 2003). Прирусловая урёмовая растительность Иртыша в районе Омска представлена тополями и кустарникообразными ивами; центральная часть поймы занята преимущественно мезофильными злаковыми лугами (Жумадилов, 2021).

Поскольку город преимущественно лежит на равнинной поверхности и не имеет значительных перепадов в высотах, крупные долины здесь представляются как практически единственные выраженные формы рельефа, определяющие характер землепользования (Чирков, 2005).

Примечательной особенностью приречных территорий Омска является единственный в России природный парк регионального значения на территории крупного промышленного города – «Птичья гавань». На месте старицы Иртыша в результате строительства моста в середине прошлого века образовалась запруда, оказавшаяся привлекательной для гнездования птиц и остановки мигрирующих видов (Горелова, 2021).

**Красноярск. Рельеф.** Красноярск расположен в Саяно-Байкальской провинции нагорий в межгорной котловине байкальского типа. Левобережная часть лежит в пределах Чулымо-Енисейской впадины Западно-Сибирской низменности, а правобережная - на территории Енисейской антеклизы Сибирской платформы. В целом, весь город занимает восемь разновозрастных террас ступенчатой эрозионно-аккумулятивной равнины долины Енисея, самая высокая часть города на юго-востоке – гора Лысая (Антоненко, 2017). Наиболее расчлененный рельеф свойственен для горно-таёжных территорий, принадлежащих части города в пределах Восточного Саяна. Степные и лесостепные участки террасового комплекса Енисея являются менее расчленёнными, и наименьшее расчленение отмечается на нижних террасах и левобережье Енисея (Безруких, 2015).

*Климат.* Город располагается в континентальной западно-сибирской климатической области умеренного пояса. Среднегодовое количество осадков 530 мм, со среднемесячным максимумом в августе (75 мм) и минимумом в феврале (18 мм). Среднегодовая температура в Красноярске +0,9°C. Самый тёплый месяц – июль (среднемесячная температура +18°C); самый холодный – январь (–18°C) (Climate Data, 2022). Из всех исследованных городов Красноярск располагается в самом континентальном и наиболее холодным по среднегодовым температурам воздуха климате.

*Почвенно-растительный покров.* Красноярск занимает пограничную территорию между лесостепной и таёжной природными зонами, что обуславливает характер зональной растительности города. Южнотаёжные леса в пределах и вблизи Красноярска в основном образованы лиственницей сибирской, берёзами обыкновенной и пушистой (*Betula pendula*, *B. pubescens*), ельники же встречаются вдоль речных долин. В меньшей степени распространены мшистые светлохвойные леса из сосны обыкновенной и разнотравно-злаковые берёзовые мелколиственные (Веденин, 2008). Степная растительность в черте города сохраняется на достаточно крутых южных склонах и представляет собой разнотравно-злаковые с кизильником и акацией формации. В лесной зоне Красноярска зональным типом почв являются тёмные серые лесные, в степной зоне – выщелоченные чернозёмы (Рябовол, 2013).

*ПРТ Енисея.* В черте города у реки достаточно широкое русло – до 700 м – и множество островов, с наиболее крупными островами: Отдыха, Татышев, Молокова и Атамановский. В эрозионных расширениях долины русло делится на множество протоков, делящих пойму на песчано-галечные острова (более 10 островов в границах города).

Низкая пойма Енисея неровная, гривистая, местами заболочена, преимущественно занята тимфеечными разнотравными и осоковыми лугами. Острова покрыты преимущественно осоковыми и злаковыми лугами, частично занятыми кустарничковыми (ива, черёмуха, тополь) зарослями. Поскольку на этой местности постоянно избыточное увлажнение, луга часто бывают заболоченными (Рябовол, 2013).

Основная роль реки в городе изначально была оборонительная – крепость Красный Яр возводилась на высоком мысу стрелки у впадения реки Качи в Енисей.

Дальнейший рост города строго соблюдал конфигурацию мыса, поскольку омывающие его реки являлись естественными границами. Даже две главные дороги - каркасные оси, по которым «двигался» город – были параллельны контурам рек. На долгое время рост города вдоль Енисейской части приостановился из-за сильно заболоченных почв в этой части. По той же причине – малой пригодности прибрежных почв – более поздняя новая планировка города после пожара 1773 г. практически не касалась приречных территорий и производилась на более высоких террасах. Впервые же «набережная» с озеленёнными скверами Енисея появилась в планировочном чертеже уже в середине XIX в., а в конце XIX в. по прибрежной полосе была проложена дорога, на которой стали появляться «деловые» постройки. В 1930-е годы начали разрабатывать планы промышленного и технического развития города, которые были во многом реализованы в 1950-е годы в связи с эвакуацией промышленных предприятий во время войны в Красноярск из Европейской части страны. Производственная зона заняла большие площади приречных территорий (Захарченко, 2017).

В результате, приречные территории Енисея в Красноярске развивались по этапам, достаточно типичным для крупных городов и крупных рек, когда водоток сначала был важным оборонительным объектом, со временем утратил эту роль, и река с приречными пространствами стала, наоборот, препятствием для развития самого города, и затем река вновь стала крайне важна для города с ресурсной и транспортной точки зрения. Сегодня многие приречные территории заняты промышленными зонами, а острова и затапливаемые поймы являются рекреационными землями для горожан (Захарченко, 2017).

*Иркутск. Рельеф.* Иркутск располагается на Иркутско-Черемховской предгорной равнине, примыкающей к подножьям Восточного Саяна в пределах Среднесибирского плоскогорья (Воробьёв, 2004). Основная часть территории города сложена среднекембрийскими известняками, аргиллитами, песчаниками. Равнины прогибов – юрскими песчаниками (Генеральный план г. Иркутска, 2015).

*Климат.* Город относится к континентальной восточно-сибирской климатической области умеренного пояса. Среднегодовое количество осадков 470 мм. Среднемесячный минимум наблюдается в феврале (12 мм), максимум – июле

(112 мм). Среднемесячная температура самого холодного месяца (январь)  $-22^{\circ}\text{C}$ ; самого тёплого (июль)  $+17^{\circ}\text{C}$  (Climate Data, 2022).

*Почвенно-растительный покров.* Большая часть природных ландшафтов Иркутска занята сосновыми травяными и травяно-злаковыми лесами. Также в северной части города на плоских поверхностях водоразделов присутствуют сосново-лиственничные леса. В целом на территории города наблюдается снижение прироста сосняков, очаговое усыхание. Отмечается сокращение лесов и формирование одновозрастных лесов с доминированием мелколиственных пород. Основным типом зональных почв являются дерново-подзолистые и чернозёмы (Генеральный план г. Иркутска, 2015).

*ПРТ Ангары.* Изначально острог строился на острове р. Иркут, однако затопляемая в весеннее половодье территория была неудобна. В середине XVII в. на высоком берегу Ангары енисейскими казаками сооружается Яндашский (позже Иркутский) острог для защиты от набегов кочевников на востоке. Удобное местоположение крепости (относительно равнинная территория, окружённая реками Ангара и Ушаковка) способствовало быстрому развитию острога, поэтому через восемь лет после появления острога уже строится деревянный Иркутский кремль, а уже в 1686 г. острог получает статус уездного города (Яровой, 2021). После налаживания отношений между Русским царством и Империей Цин в 1689 г. (Нерчинский договор), через Иркутск прокладывается крупный сухопутный торговый путь (позже Московский тракт), что способствует дальнейшему развитию города. В результате многочисленных пожаров Иркутский кремль часто перестраивался, многие ключевые сооружения переносились вглубь берега за стены кремля. В результате в конце XVIII в. кремль практически полностью утратил военное значения и был разобран, а на его месте позже в начале XIX в. был разбит городской сад. В 30-х годах XX в. на реке появились многочисленные предприятия, в т.ч. металлургический завод им. Куйбышева, мыловаренный завод, гидропорт и другие. Во время Великой Отечественной Войны в Иркутск, как и в прочие крупные города Сибири, были эвакуированы производства из Европейской части России, что увеличило промышленную функцию приречных территорий Иркутска в XX веке (Данешек, 2002).



В границах Иркутской агломерации длина Ангары составляет около 115 км. Речная долина трапецеидальная и имеет много террас. Русло разветвленное со множеством вытянутых цепочкой островов. В целом в пределах Иркутска находится более 16 островов разного типа - от коренных с древесно-кустарниковой (ивовые кустарники, берёзы) растительностью до намывных песчано-галечных практически лишённых растительного покрова (Пыжьянова, 2017). Приречные территории реки Ангары в Иркутске и его пригородах имеют большую орнитологическую ценность для мигрирующих водоплавающих птиц и потому являются важными водно-болотными угодьями (остров Конный, пойма Иркуты у впадения в Ангару). На нижних поймах Ангары в пределах Иркутска преобладают кустарничковые сообщества из ивы, также распространены участки лишённые растительности. (Попов, 2014). Пойменная растительность Ангары в районе Иркутска включает в себя сосновые леса кустарничковой группы, а также болотные виды (хвощи приречные, рогоз широколистный, осоки) на заболоченных пойменных лугах (Ефимов, 2009).

На левом берегу расположена большая часть промышленной зоны города. Правобережные острова Ангары в районе Иркутска исчезли за последнее столетие освоения или изменилась их форма и размер.

На данной территории Ангара представляет собой крупную связующую артерию между появившимися в советское время новыми городами и посёлками вблизи Иркутска: Ангарска, Шелехова, Листвянки, Черемхово. Таким образом, Ангара является осью так называемой Иркутской агломерации, рост которой происходит вдоль реки. Запечатывание и освоение прибрежной зоны пригородов и периферий Иркутска происходит во многом в связи со стихийным строительством частного сектора (Игнатенкова, 2021).

*Хабаровск. Рельеф.* Хабаровск располагается на юге Среднеамурской низменности (Махинов, 2003). Центр города находится на наиболее возвышенной части правого берега Амура. Рельеф в пределах города преимущественно холмисто-увалистый. Повсеместно на территории города (особенно приближенной к долине Амура) распространены достаточно крупные овраги, на данный момент частично засыпанные или застроенные (Швец, 2012).

*Климат.* Хабаровск располагается в муссонной дальневосточной климатической области умеренного пояса. Среднегодовое количество осадков 783 мм, максимум осадков приходится на август – 160 мм; минимум – на январь – 15 мм. Среднегодовая температура воздуха +2°C, с самым тёплым месяцем июлем (+22°C) и холодным – январём (–22°C). (Climate Data, 2022). Из всех исследованных в данной работе городов Хабаровск является наиболее увлажнённым.

*Почвенно-растительный покров.* Естественные леса вблизи Хабаровска включают такие виды, как монгольский дуб, амурский бархат, маньчжурский ясень, ильм, маньчжурский орех, амурскую липу. В городском озеленении участвуют преимущественно липа амурская, липа маньчжурская, ильм мелколистный, береза даурская, бархат амурский. На сегодняшний день в городе практически отсутствуют лесопарки, хотя их создание предусматривается генеральным планом до 2030 г. Учитывая протяжённую береговую линию, а также многочисленные острова рядом с городом, также планируется создание гидропарков (зелёной зоны у реки, предназначенной для рекреации) (Морозова, 2017).

Почвенный покров здесь представлен бурыми лесными почвами слабонасыщенными и кислыми, а также бурозёмами (Махинов, 2003).

*ПРТ Амура.* Хабаровск изначально строился вдоль берега Амура в сторону вершины верхней гряды. Главные улицы прокладывались по гребням трёх протяжённых холмов, параллельных реке – они стали основой планировочной структуры города. Постепенно с ростом города начинали застраиваться и менее удобные территории в городе – ложбины, склоны и в том числе более низкие части долины Амура. Однако к концу XIX века развитие города вдоль реки приостанавливается, начинают осваиваться ровные пологие территории в стороне от реки, но застройка всё равно выходила на Амур, что делала реку визуальной осью города. Несколько позже генеральный план Хабаровска начал включать в себя и функциональное зонирование, в результате которого приречные территории были преимущественно отнесены к землям рекреационного значения. В середине XX века начали проводить мероприятия по трансформированию рельефа в черте города, в частности некоторые малые реки были убраны в коллекторы, овраги засыпаны, а склоны нивелированы, но между тем город продолжал расти в сторону от берега,

поскольку было сложнее адаптировать застройку на приречных территориях Амура, чем на других, более удалённых от долины землях (Литвинцева, 2020).

Амурские острова в черте Хабаровска заняты урёмными (заливаемыми во время половодья) кустарничковыми сообществами из ивы (Цыренова, 2013). Густая травянистая растительность на низких и средних поймах Амура (в т.ч. в районе Хабаровска) препятствует переносу песка ветром, песок оседает в прирусловой зоне, в результате чего здесь часто формируются невысокие эоловые формы рельефа высотой до 5 м – песчаные гряды. На поймах острова Большой Уссурийский обнаруживается множество небольших релок (древние эоловые формы дюны, - заросшие растительностью) (Махинов, 2017).

Сегодня приречные территории Амура в Хабаровске условно разделены на три относительно равные части: северная часть имеет рекреационное значение; центральная – культурно-историческое; южная – промышленное (Иванчук, 2015).

### ***Выводы***

1. *Состав приречных территорий.* Приречные территории в рассматриваемых городах представлены преимущественно поймами и островами, на которых часто осложнено градостроительное освоение. Однако в застроенной части городов поймы высокого берега обычно преобразованы в набережные. Лишь в некоторых городах под набережными сохраняются участки пойм в центральных районах (Красноярск, Иркутск). Помимо пойм, приречные территории часто включают в себя склоны надпойменных террас, прилегающие к набережным (и поймам), и в редких случаях (Нижний Новгород, Ростов-на-Дону, Уфа) небольшие участки у бровки самой надпойменной террасы. В городах, расположенных на водохранилищах (Казань, Самара), к реке непосредственно прилегают вторые надпойменные террасы, которые и составляют приречные территории. Помимо данных элементов долины, в границы приречных территорий входят бечевники, осерёдки, побочни.

2. *Этапы освоения и изменение функций приречных территорий.* Для большинства городов характерна следующая последовательность этапов освоения приречных территорий:

- 1) XVI-XVII вв. – Самара, Волгоград, Уфа, Красноярск, Иркутск (X-XIII в. – Казань, Нижний Новгород; XVIII – Омск, Ростов-на-Дону). Строительство военной крепости на удобной для обороны возвышенности на высоком берегу реки; ключевые функции ПРТ – военно-оборонительная, ресурсная.
- 2) XVIII – нач. XIX вв. Утрата военных функций приречных территорий, создание торговых портов (и сопутствующей инфраструктуры) или городских озеленённых территорий (садов, набережных); ключевые функции ПРТ – торговые и рекреационные.
- 3) Кон. XIX – нач. XX вв. Строительство мануфактурных и фабричных предприятий на крупных реках, создание набережных; ключевая функция ПРТ – промышленная.
- 4) 1941-1944 гг. Эвакуация производств из городов Европейской части России в сибирские города; частичная утрата промышленных функций на ПРТ западных городов и увеличение промышленной роли ПРТ у сибирских городов.
- 5) 1950-1990 гг. Увеличение транспортной, специальной и промышленной инфраструктуры на ПРТ, создание новых набережных; ключевая функция ПРТ – промышленно-деловая.
- 6) 1990-е – 2000 гг. Приостановка работы производств на ПРТ, общее отчуждение приречных территорий (за исключением благоустроенных центральных набережных транспортного и рекреационного значения) и ухудшение их состояния; ключевые функции ПРТ – транспортная, условно-экологическая.
- 7) 2000-е – настоящее время. Восстановление и создание новых набережных в городах; включение неудобных для освоения элементов ПРТ в градостроительный каркас города; озеленение города посредством приречных территорий; ключевые функции ПРТ – культурные (в т.ч. рекреационные), экологические, деловые.

Хабаровск является самым молодым из рассматриваемых городов (основан в 1858 г.), поэтому в истории освоения его приречных территорий отсутствуют этапы создания оборонительных крепостей. Изначальными функциями ПРТ в подобных городах являлись промышленность, транспорт.

Также противоположные закономерности наблюдаются в городах западной и восточной частей страны: во время Великой Отечественной Войны – у приречных

территорий в сибирских городах росло значение промышленности, а в европейских напротив падало. Это же явилось одной из причин возникновения на приречных пространствах многих городов ЕЧР малоиспользуемых сегодня территорий бывших заводов и фабрик.

В наиболее древних городах с сохранившимися крепостями (Нижний Новгород, Казань) приречные территории унаследовали историко-культурную функцию. Такую же функцию выполняют сохраняющиеся и восстановленные исторические центры на ПРТ Иркутска, Красноярска, Уфы, Самары, а также исторически значимые и известные достопримечательности города, расположенные на приречных территориях (например, «Сталинградская битва» в Волгограде, «Бурлаки на Волге» в Самаре, «Чкаловская лестница» в Нижнем Новгороде, «Коммунальный мост» в Красноярске и т.д.). Построенные у реки стадионы к Чемпионату Мира – 2018 также насытили их новыми досугово-рекреационными функциями («Стадион Нижний Новгород», «Ростов Арена», «Волгоград Арена»).

*3. Почвенно-растительные комплексы ПРТ.* Значительная часть приречных территорий в крупных городах застроена и представляет собой уже техногенные комплексы, для которых характерны урбозёмы и в разной степени деградации зональные почвы. Антропогенно-преобразованные аллювиальные почвы, свойственные поймам рек, сохраняются на ПРТ в слабо трансформированных природно-антропогенных комплексах.

Растительность застроенной части города в парковых зонах обычно является искусственными насаждениями. Условно-естественная растительность пойм представлена в городах лесной зоны преимущественно луговыми сообществами, злаковыми на более возвышенных участках, и осоковыми на нижних. На приречных территориях в степных районах произрастают черноольшаники и дубравы. Речные острова часто заняты урёмной растительностью.

### ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

**Общий алгоритм исследования.** Исследование включало в себя три основных этапа (рис. 3.1). По окончании всех работ было оценено три аспекта приречных территорий в крупных городах: вклад их зелёной инфраструктуры в формирование экосистемных услуг в городе; их роль как водно-зелёных коридоров в городе; их основные функции и состояние в целом.



Рис. 3.1. Общая схема исследования приречных территорий в крупных городах.

*Примечание: ЗСЗ – зона сплошной застройки (наиболее застроенная часть города).*

**I. Первый этап – предварительный.** На данном этапе были собраны, подготовлены и обработаны данные, необходимые для последующей оценки приречных территорий. Было выполнено три группы работ:

- 1) Обработка и поиск исходных данных (поиск, выборка и подготовка космических снимков и цифровой модели рельефа, статистических данных, открытых геопространственных векторных данных, оцифровка схем функционального зонирования; выбор показателей оценки и т.д.);

- 2) Получение первичных данных (инвентаризация земельного покрова и расчёт площадей разных категорий земель, моделирование растров ЦМР) и их верификация;
- 3) Моделирование рабочей основы (выделение приречных территорий и зоны сплошной застройки).

**II. Второй этап – компонентная оценка.** На данном этапе были рассчитаны основные показатели для оценки приречных территорий в городах. Всего оценено четыре компонента городских ПРТ, для которых преимущественно использовались разные количественные и качественные показатели:

- 1) Состав и свойства приречных территорий;
- 2) Зелёная инфраструктура на приречных территориях;
- 3) Рекреационный потенциал;
- 4) Фрагментарность.

**III. Третий этап – комплексная оценка.** На заключительном этапе по результатам оценки всех показателей каждого компонента ПРТ была произведена комплексная для каждого оценочного блока. Всего выделено три оценочных блока:

- 1) Ключевые функции приречных территорий в городе (категории итоговой комплексной оценки: «экологическая», «культурно-деловая», «промышленно-хозяйственная»);
- 2) Вклад приречных территорий в формировании городских экосистемных услуг (категории итоговой комплексной оценки: «значительный», «средний» или «незначительный»);
- 3) Роль приречных территорий как водно-зелёного коридора (категории итоговой комплексной оценки: «условно выполняет», «потенциально может выполнять» или «практически не выполняет»).

Для присуждения итоговой категории оценки приречной территории города значения всех индикаторов сравнивали со средним значением по всем городам (в рамках одного оценочного блока) и значением, принятым за «стандарт». Далее каждому значению показателя присуждается балл от 0 до 2, соответствующий итоговой оценке. Сумма баллов для каждого города по каждому оценочному блоку определяет комплексную оценку приречных территорий.

### 3.1. Предварительный этап исследования

*Методика обработки и подготовки рабочих данных по космическим снимкам.* Космические снимки (Landsat 8 с пространственным разрешением 30 м) в данной работе были использованы для инвентаризации зелёной инфраструктуры городов и их приречных территорий. Отбор снимков на искомые участки был проведён для летнего периода (с 01.06 по 31.08) с облачным покрытием не более 10% от площади снимка. Выборка была проведена во временном диапазоне 2019-2021 гг., с предпочтением для 2021 г., как наиболее свежим и актуальным данным о земельном покрове. Диапазон в три года связан с тем, что на летних снимках некоторых городов за 2021 г. отмечалась высокая облачность именно на участках исследования. При довольно большом периоде повторного наблюдения у Landsat 8 (16 суток) за летний период может быть сделано всего около 5 снимков одного объекта в год, из которых не всегда возможно выбрать подходящие (безоблачные) для работы. По этой причине также были рассмотрены летние снимки ближайших годов.

Далее выбранные снимки были синтезированы в «естественных» (комбинация каналов 4-3-2 – красный-зелёный-синий) и «искусственных» (комбинация каналов 5-4-3 – ближний инфракрасный-красный-зелёный) цветах. По «искусственным цветам» проведено полуавтоматизированное дешифрирование с обучением. Для этого сначала по снимку в программе ArcMap 10.3 были вручную выделены сигнатуры для 5 классов земельного покрова:

- древесная растительность;
- недревесная растительность;
- застроенные территории;
- незапечатанные и лишённые растительного покрова территории;
- водные поверхности.

Затем при помощи инструмента Maximum Likelihood Classification была проведена классификация снимка в искусственных цветах по выделенным сигнатурам. Верификация классификации проведена по синтезированному в естественных цветах снимку Landsat 8, а также подгруженным при помощи ArcMap Online – World Imagery Basemap (космический снимок с высоким пространственным разрешением – до 1 м). Трудности при дешифрировании возникали при работе с



сельскохозяйственными угодьями, особенно в степных и лесостепных зонах, а также при работе с рыхлой застройкой (сильно озеленённые участки города). Сельскохозяйственные угодья были отнесены к категории недревесной растительности, однако они могут дешифроваться как древесный покров (в зависимости от фазы созревания культурных посевов) или как лишённые растительности незапечатанные территории (если поля вспаханы). Чтобы избежать неточностей, было дополнительно проведено ручное дешифрирование сельскохозяйственных угодий. Для городских участков рыхлой застройки проведено отдельное полуавтоматизированное дешифрирование с обучением, с предварительным вырезанием данных участков.

Расчёт площади и доли зелёной инфраструктуры приречных территорий произведён при помощи инструмента Zonal Statistics – Tabulate Area.

**Методика обработки и подготовки рабочих данных по прочим геопространственным данным.** Для выделения приречных территорий необходимо было подготовить растры, отражающие топографические характеристики местности. Для этого были использованы цифровые модели рельефа (ЦМР) на территорию – Aster Global DEM, – имеющиеся в открытом доступе на сайте Геологической службы США USGS (URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>). Данные растры были переклассифицированы в ArcMap 10.3 через свойства слоя и обрезаны по границам городов. Далее ЦМР были загружены в программу Saga 8.0.1, где они были предварительно обработаны модулем Terrain Analysis – Preprocessing – Fill Sinks Wang & Liu (Анализ поверхности – Предобработка – Заполнить понижения методом Wang & Liu), в результате чего были выявлены и «заполнены» значениями понижения в рельефе.

Затем был задействован модуль Valley Depth (глубина долин) из группы Terrain Analysis – Channels (Анализ поверхности – Каналы). Глубина долин – это разница между высотой определённой точки и интерполированной высотой водораздела. Данный показатель обычно используется для определения степени расчленённости рельефа и выделения овражно-балочной сети (Skentos, 2018). Также в программе Saga был получен растр индекса топографической влажности (TWI – Topographic Wetness Index) (Chaves, 2020) через одноимённый модуль в группе Terrain Analysis – Hydrology (Анализ поверхности – Гидрология). TWI показывает

потенциальную влажность водосбора, т.е. способность ячейки аккумулировать воду и рассчитывается по формуле (Beven, 1979):

$$\ln(\alpha / \tan\beta) \quad (1),$$

где:  $\alpha$  – отношение площади дренируемой через определённую точку на склоне к единице длины склона, и рассчитывается как суммарный сток (flow accumulation);  $\beta$  – крутизна склона (slope).

Помимо ЦМР, в работе были использованы векторные данные портала OpenStreetMap (OSM). В частности, из OSM были взяты:

- границы самих городов, которые позже были верифицированы по картографическим материалам генеральных планов;
- границы главных рек, для которых были выделены приречные территории;
- достопримечательности города, которые были использованы в расчётах рекреационного потенциала.

Достопримечательности из OSM – это данные из слоя «poi\_points» (points of interest – достопримечательности), из которых были получены природно-культурные объекты (ПКА) – объекты природного или культурного происхождения, обладающие относительной эстетической привлекательностью или значимостью для населения в качестве места отдыха или кратковременного посещения. Эти объекты могут быть туристическими, а также могут использоваться в качестве места/объекта для рекреации выходного дня. ПКА представлены в виде точечных объектов. Под точечными понимают объекты, положение которых можно задать координатами одной точки на карте (родник, геологическое обнажение, пляж, храм и т.д.). Природно-культурные аттракторы были отобраны из слоя «poi\_points» в ArcMap 10.3 из категорий колонки «osm\_value» в таблице атрибутов с помощью опции Select by Attributes (Выборка по атрибутам). Из всего массива имеющихся точечных данных были сразу исключены точки, связанные со спортивными занятиями, поскольку это рекреационная инфраструктура, а не аттракторы. Также были исключены прочие инфраструктурные объекты, попадающие в категорию «poi» (объекты общественного-питания, парковки, велосипедные станции и т.д.). После отбора для дальнейшей работы из всех представленных значений OSM были использованы следующие:

- 'Caves' (пещеры)

- 'Tourism' (туризм)
- 'Водопад'
- 'Горная вершина'
- 'Достопримечательность'
- 'Заповедник'
- 'Ключ, ручей'
- 'Лесопарк'
- 'На природе'
- 'Перевал'
- 'Пляж'
- 'Природа'
- 'Сад'
- 'Сквер'

Точки со значениями 'Tourism', 'Природа', 'На природе', 'Достопримечательность' нуждались в верификации. Были отобраны именно культурные и природные, поскольку эти категории включают в себя и социальные и инфраструктурные объекты. Отбор был проведён вручную по значениям из колонки «osm\_name» (название объекта) в таблице атрибутов. Если название объекта не содержало информации о его «культурно-природном характере» (представлено только имя собственное), эту информацию мы получали при помощи поисковых систем Google и Yandex. В случае, когда поисковые системы не находили объекта по названию, был проведён дополнительный поиск точки на открытых геопорталах (картах Google, Yandex и Wikimapia). Дополнительно была проведена проверка на повторяющиеся объекты при помощи инструмента ArcMap «Find identical». Некоторые точки дублировались внутри одной категории. Также вручную были удалены дубликаты из других категорий (т.е. один и тот же объект мог встречаться, например, в категории «Достопримечательность» и «Лесопарк»).

**Методика выделения приречных территорий.** Как было указано выше (см. п. 2.1.) приречные территории в городах исследования крайне разнородны как по своим природным особенностям, так и по типу планировочной структуры и характеру использования. Учитывая их разнородный характер и одновременно их

целостность в качестве социоприродной системы, связанной с рекой, было принято решение о разработке для всей территории города единого алгоритма, учитывающего как особенности природных, так и застроенных территорий. Для выделения приречных пространств на природных незастроенных территориях, были использованы подходы, применяющиеся в геоморфологии, на застроенных территориях были приняты во внимание, прежде всего, особенности планировочной структуры города. Таким образом, в каждом из городов выделение ПРТ было проведено с одновременным использованием разных подходов, а их выбор для каждого конкретного участка определялся особенностями частей ПРТ.

***Природные территории.*** Исходя из процессов формирования ПРТ наиболее доступным можно считать использование карты четвертичных образований ВСЕГЕИ в масштабе 1:200 000, размещённой на портале <https://www.vsegei.ru/> для ряда регионов России. В этом случае за границы ПРТ были приняты границы аллювиальных отложений (индекс аН), по легенде соответствующих поймам. На текущий момент данные о четвертичных образованиях доступны не для всех регионов России, поэтому ограничиваться одним этим методом при исследовании нескольких объектов не представляется возможным.

Более того, при использовании данных подобного мелкого масштаба требуется дополнительная верификация, которую можно провести при помощи топографических индексов. Эти же индексы становятся основными при определении границ приречных территорий в случаях, когда данные по четвертичным отложениям для исследуемого города отсутствуют (карты четвертичных отложений по состоянию на июнь 2022 г. отсутствуют для Волгограда, Ростова-на-Дону, Хабаровска, Омска, Уфы, Самары; имеются для Нижнего Новгорода, Казани, Иркутска и частично для Красноярска).

Из предлагаемых в программах ArcMap 10.3 и Saga 8.0.1 топографических индексов были выбраны два: топографической влажности (TWI) и глубины долин (DV).

Наиболее высокие значения TWI соответствуют областям с наибольшей аккумуляцией влаги, что, очевидно, характерно для приречных пространств. За приречные территории при использовании данного метода были приняты наиболее

чётко выделяющиеся нижние уровни долины (поймы и в случаях узкой поймы первые надпойменные террасы) с наибольшими значениями накопления воды

На растровом изображении «глубины долин» ПРТ были выделены по границе «наибольшей разницы высот» между точкой и интерполированной высотой водораздела. Последняя была обозначена преобладающим красным цветом (значение около 2 м), т.е. это относительно ровная поверхность без значительных колебаний высот (рис. 3.2а). Жёлтый и синий цвет напротив обозначают наибольшую разницу высот относительно средней высоты водораздела, по ним и была проведена граница (т.е. разница высот между этими областями и водоразделом максимальна) для каждого берега. В случае с Нижним Новгородом, эту границу сложнее провести по левому берегу Волги из-за обширной поймы и незначительных перепадов высот в границах города на левом берегу (но небольшой светлый участок частично совпадает с границами, выделяемыми по карте четвертичных отложений).

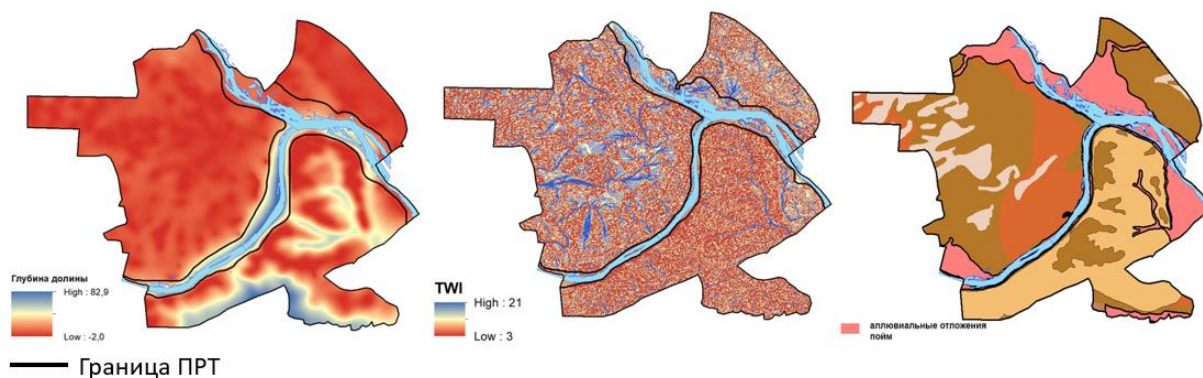


Рис. 3.2. Геоморфологические подходы к выделению ПРТ на примере Нижнего Новгорода: а) глубина долин; б) топографический индекс влажности; в) распространение аллювиальных отложений.

*Составлено автором*

Для построения финальных границ ПРТ для природных территорий все три полученных растра были наложены друг на друга, после чего была вручную отрисована финальная граница. В случае, если ширина ПРТ в одной «природной» части города оказывалась значительно больше, чем в среднем в других, эта часть ПРТ была выделена таким образом, чтобы её ширина превышала среднюю не больше, чем в 3-4 раза (т.е. максимальная ширина ПРТ не превышает 1000-1500 м). Такой шаг необходим для адекватной оценки состояния ПРТ города и предупреждения завышенных показателей озеленения, а также для учёта

«восприятия человеком» - в большинстве случаев человек продолжает воспринимать архитектурные и природные объекты в городе на расстоянии до 1 км.

В ходе исследования был сделан вывод, что использование TWI во многих случаях является необъективным в силу значительной дисперсности значений пикселей. В отличие от показателя глубины долин, который отражает более общую форму рельефа, по генерализированному изображению TWI часто невозможно или сложно выделить сплошные ареалы близких значений аккумуляции воды, чтобы использовать их для определения границ ПРТ. Тем не менее, наибольшая плотность пикселей, соответствующих максимальному накоплению воды, в целом совпадает с выделяемыми по глубине долин участками ПРТ. По этой причине, TWI не стоит использовать как автономный метод выделения ПРТ, однако он может быть использован в качестве дополнительного средства верификации.

Как упоминалось ранее, карты четвертичных отложений имеются для 4 из 10 рассматриваемых городов. Во всех четырёх случаях границы пойм по четвертичным отложениям практически совпали с границами наибольшей разницы высот на растре глубины долин, что подтверждает возможность использования этой границы как индикатора ПРТ. Наиболее проблемными участками для выделения ПРТ по глубине долин стали левобережная пойма Волги на северо-западе Нижнего Новгорода и первая надпойменная терраса, на которой расположен исторический центр Казани (левый берег приустьевой части р. Казанка).

В первом случае, разница высот на левом берегу Волги между долиной реки и водоразделом на вырезанном снимке практически отсутствует – весь представленный на части снимка участок поймы имеет практически одну высоту. Поэтому на растре глубины долин никак не была отражена эта часть долины. В случае с Казанью, большая часть исторического центра лежит на обширной первой надпойменной террасе, слишком большой, чтобы полностью считать ПРТ (участки у тылового шва этой террасы уже достаточно удалены от реки, чтобы не считаться приречными). Несмотря на имеющуюся карту четвертичных отложений, в данном случае граница ПРТ проводилась по границам функциональных зон, как и для большинства застроенных территорий.

***Застроенные территории.*** Застроенная часть города имеет целый ряд ограничений к использованию топографических индексов. Во-первых, по ЦМР не

всегда возможно достоверно определить высоту поверхности в пределах города из-за высотных зданий. Во-вторых, внутри городской зоны сплошной застройки в значительной степени трансформированы естественные процессы и свойства, присущие речной долине, и опираться на методы, которые определяют ПРТ по практически несуществующим в условиях застройки признакам не всегда целесообразно.

Более того, внутри города наряду с принадлежностью к речной долине большую роль имеет функциональное значение прилегающих к реке территорий, поскольку это является одним из основных критериев определения роли ПРТ в городе. Очевидно, что застроенные элементы долины в большинстве случаев продолжают оставаться этими же элементами (за исключением тех случаев, когда отдельные элементы долины затапливаются, засыпаются или нивелируются) – например, надпойменная терраса продолжит быть надпойменной террасой даже находясь под жилым комплексом. Однако, «природные» признаки для выделения ПРТ не всегда применимы для урбанизированных территорий: на местности могут не подойти способы определения ПРТ по почвенно-растительному покрову или литогенной основы из-за высокой антропогенной нарушенности, определение высотных уровней долины также может быть затруднено разными ярусами застройки (как на полевых работах, так и по данным). По этой причине целесообразно прибегать к дополнительным идентификационным признакам ПРТ, более наглядным и точно определяемым – например, функциональному зонированию, квартальной планировке, уличной и транспортной сети.

В результате, в данной работе на основе карт функционального зонирования из приложения к Генеральным планам городов ПРТ были выделены также и по границам непосредственно прилегающим к реке функциональных зон (рис. 3.3).

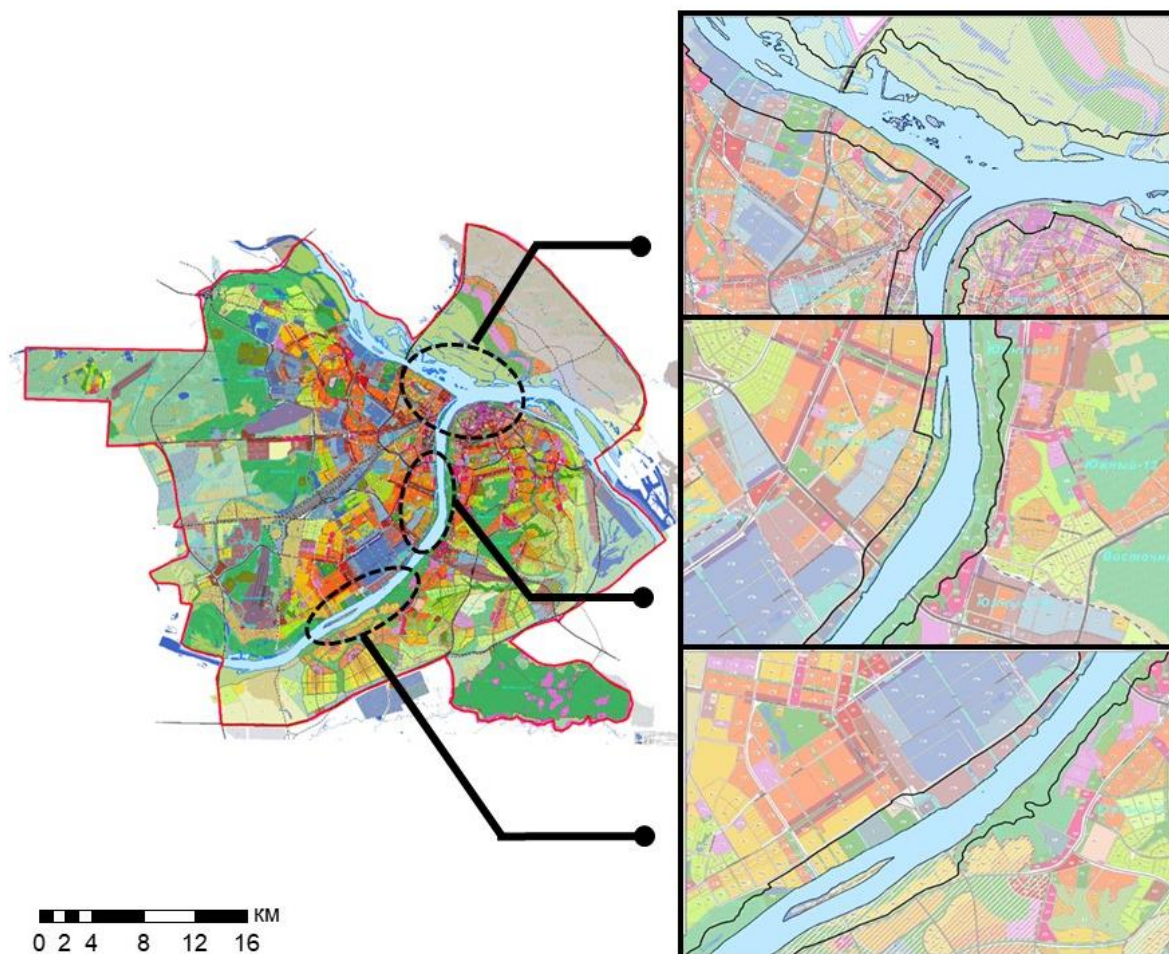


Рис. 3.3. Пример выделения границ ПРТ по границам функциональных зон Генерального плана на примере Нижнего Новгорода.

Такие границы часто проходили по крупным улицам, относительно совпадавших с высотными ступенями на растре глубины долин, т.к. несмотря на трансформацию плотно урбанизированных земель, при образовании и развитии город всё равно обычно вписывается в существующие мезоформы рельефа (Колбовский, 2008).

ПРТ были выделены только для главных – крупнейших – рек города, т.е. без учёта остальных водотоков.

Также при выделении ПРТ стоит учитывать эстетическую и позиционную связь реки и города. Например, нижние склоны поверхностей выравнивания правого берега Волги в Нижнем Новгороде не включены в ПРТ, поскольку не прилегают к реке как другие более приближённые к ней сочетания урочищ. Однако на них располагается Нижегородский кремль (вероятный объект визуальной идентичности города), а также открывается вид на Волгу, что несомненно должно ассоциировать



территорию с приречной территорией, даже если фактически этот участок не является частью долины и достаточно удалён от реки. Это так называемое восприятие реки «извне» - панорамное восприятие с видовой точки (Рудакова, 2016)). В данном исследовании подобные участки не включены в ПРТ ни в одном из городов, однако вопрос о возможности подобного выделения с включением ключевых для панорамного обзора территорий стоит иметь в виду для дальнейшего развития темы.

Во многих объектах исследования наблюдалась ситуация, когда прилегающий к реке участок монофункционален на большой площади (например, исторический центр Казани у устья р. Казанка, исторический район Нижегородка на западе Уфы, центральные части ПРТ Волгограда). Чаще всего такие участки даже геоморфологически принадлежат одному элементу долины (обычно первой надпойменной террасе). Так, например, ширина Нижегородки в Уфе составляет около 2 км. В данном случае граница «сокращалась» до среднего и «воспринимаемого» расстояния.

**Методика выделения зоны сплошной застройки.** Административные границы города часто отличаются от границ зоны сплошной застройки, городского ядра или основной населённой части города. В целом ряде исследований (Nielsen, 2017; Mell, 2013; Xu, 2021) для исключения этой «нежилой» части города проводится оценка зелёной инфраструктуры (или других городских предметов исследования) только внутри так называемого «*urban core*» (с англ. - городское ядро). В научной литературе под городским ядром часто подразумевают плотно населённый кластер сплошной городской застройки (чаще агломерации или мегалополиса). Порог минимальной плотности населения варьирует в разных странах – от 1000 чел./км<sup>2</sup> в Европейском Союзе, 1500 чел./км<sup>2</sup> в Канаде и США (Dijkstra, 2019) и до 5000 чел./км<sup>2</sup> в КНР (Salat, 2014). Однако зачастую в работах «городское ядро» употребляется без привязки к пороговым значениям и просто означает плотно застроенную и густонаселённую часть города относительно всей урбанизированной территории. В данной работе было использовано понятие «зона сплошной застройки» без учёта плотности застройки или плотности населения.

Под «зоной сплошной застройки» (ЗСЗ) в данной работе подразумевается непрерывно застроенная территория города, при этом плотность застройки внутри

нее может отличаться. ЗСЗ может включать в себя аэропорты, участки малоэтажной застройки и частных домов, а также другие инфраструктурные объекты в качестве запечатанных территорий, являющихся непосредственным продолжением застроенной части города. Часто отдельные застроенные участки могут быть отдалены от других лесными массивами или сельскохозяйственными угодьями. Если эти участки незначительно удалены друг от друга или примыкают друг к другу, то они в этой работе были учтены как продолжение зоны сплошной застройки, а включённые в них зеленые массивы – как элементы городской зелёной инфраструктуры. В результате выделения зоны сплошной застройки, из оцениваемых городских территорий были исключены прилегающие лесные массивы (в частности, в Нижнем Новгороде, Перми, Уфе), сельскохозяйственные поля (Волгоград, Омск), неосвоенные или слабо освоенные речные острова, удалённые от центральной части города (Хабаровск, Волгоград).

Зеленая инфраструктура за пределами зоны сплошной застройки может быть ближайшей естественной природной рекреационной территорией, содержать в себе относительно малонарушенные приречные экосистемы и служить городским зелёным буфером. С другой стороны, такая зеленая инфраструктура слабо включена в жизнь горожан (только пограничные с ней периферийные районы города получают от нее максимум пользы, если не считать рекреацию выходного дня). Постоянный и ежедневный эффект оказывают приближённые к населению элементы зелёной инфраструктуры внутри ЗСЗ. По этой причине для большинства индикаторов проводится оценка как внутри административных границ, так и внутри зоны сплошной застройки.

### **3.2. Этап компонентной оценки**

Как было показано в начале данной главы, оценка приречных территорий и их зеленой инфраструктуры в городе была проведена для трёх оценочных блоков:

- 1) Функции приречных территорий в городе;
- 2) Вклад приречных территорий в формирование городских экосистемных услуг в городе;
- 3) Роль приречных территорий как водно-зелёного коридора в городе.

Каждый блок описывает своя группа (или группы) компонентных показателей для разных пространственных уровней: только для приречных территорий внутри зоны сплошной застройки, или для всех приречных территорий внутри административных границ города. Некоторые показатели целесообразно рассчитывать для обоих уровней, некоторые только для одного. Рисунок 3.4. иллюстрирует какие компонентные показатели используются для каждого оценочного блока и на каком пространственном уровне.



Рис. 3.4. Схема использования компонентных показателей по оценочным блокам и пространственным уровням.

**Расчёт показателей оценки зелёной инфраструктуры на приречных территориях.** Данный компонент был оценён по следующим показателям:

- 1) *Приречная растительность в озеленении города* – доля площади зелёной инфраструктуры на приречных территориях от площади зелёной инфраструктуры города, % (рассчитан для всего города и только для зоны сплошной застройки);
- 2) *Приречные древесные насаждения в озеленении города* – доля площади древесной растительности на приречных территориях от площади древесной растительности города, % (рассчитан для всего города и только для зоны сплошной застройки);
- 3) *Индекс веса*, безразмерный (рассчитан только для зоны сплошной застройки);

4) *Озеленённость приречных территорий* – доля площади зелёной инфраструктуры от площади приречной территории, % (рассчитан для всего города и только для зоны сплошной застройки);

Если считать, что приречная территория выполняет ту или иную экосистемную услугу на 100% своего потенциала, то она должна быть полностью покрыта незапечатанными озеленёнными пространствами. Однако очевидно, что в городе зелёная инфраструктура не занимает всю площадь приречных территорий, а только их часть. В таком случае можно использовать показатель доли озеленённых приречных территорий (т.е. часть занятую ЗИ), способных выполнять свою экосистемную роль, от всей площади приречных территорий, – чтобы оценить вклад зелёной инфраструктуры ПРТ в формирование общего объёма экосистемных услуг. Более того, древесная растительность предоставляет больший спектр культурных и средорегулирующих экосистемных услуг, чем недревесная (ТЕЕВ, 2020), поэтому целесообразно ввести отдельный индикатор – долю древесной растительности.

Для оценки способности ПРТ выполнять роль водно-зелёного коридора было принято следующее допущение: если приречная территория — это водно-зелёный коридор, то 100% его площади – это полностью озеленённая зона; соответственно, реальная доля озеленённых территорий внутри приречной территории – это доля земель, потенциально поддерживающих и обеспечивающих биоразнообразие.

*Первый и второй показатели – приречная растительность в озеленении города и приречные древесные насаждения в озеленении города* – были рассчитаны по полученным данным о площади зелёной инфраструктуры на приречных территориях и в городе. Для этого в ArcMap по растрам наземного покрова при помощи инструмента Zonal Statistics – Tabulate Area была вычислена площадь древесного и недревесного покрова в административных границах города и только в зоне сплошной застройки. После чего для первого индикатора значение было рассчитано по формуле (2):

$$S_1 = (SG_{\text{прп}} + ST_{\text{прп}}) \times 100 / (SG_{\text{urb}} + ST_{\text{urb}}) \quad (2),$$

где  $S_1$  – доля зелёной инфраструктуры на ПРТ от площади зелёной инфраструктуры в городе;

$SG_{\text{прп}}$  – площадь недревесного покрова на ПРТ;

$ST_{\text{прп}}$  – площадь древесного покрова на ПРТ;

$SG_{urb}$  – площадь недревесного покрова в городе;

$ST_{urb}$  – площадь древесного покрова в городе.

Для второго индикатора значения были вычислены по формуле (3):

$$S_2 = ST_{пр} \times 100 / ST_{urb} \quad (3),$$

где  $S_2$  – доля древесной растительности на ПРТ от площади древесной растительности в городе.

Данные индикаторы показывают, сколько земель, способных выполнять экосистемные услуги в городе, приходится на приречные территории.

*Третий показатель – индекс веса* – позволяет учитывать соотношение площадей самой приречной территории с ее зелёной инфраструктурой и площади города со всей общегородской зелёной инфраструктурой. Индекс веса ЗИ ПРТ может быть получен из следующей формулы (4):

$$a_1 * x + a_2 * (1 - x) = a * 1 \quad (4),$$

где  $a_1$  – процент площади ПРТ, покрытой ЗИ;

$a_2$  – процент площади остальной части города без учета ПРТ, покрытой ЗИ;

$a$  – процент площади городского массива, покрытой ЗИ;

1 – условная единица для обозначения всей площади города;

$x$  – часть ПРТ от площади города в у.е. (вся площадь города принята за условную единицу).

Каждое слагаемое и итоговая сумма отображают коэффициенты озеленения соответствующей территории (ПРТ, города без учета ПРТ и всего города).

Формула (5) является основой для расчета коэффициента озеленения ПРТ, а также веса ЗИ ПРТ в городской структуре ЗИ:

$$\frac{a_1 - a_2}{a} = \pm S_3 \quad (5),$$

где  $a_1$  – коэффициент озеленения ПРТ;

$a_2$  – коэффициент озеленения остальной части города;

$a$  – коэффициент озеленения городского массива;

$S_3$  – индекс веса.

Рассмотрим вычисление индекса веса  $S_3$  на примере города Омск. Имея табличные данные о соответствующих площадях, вычислим:

$$a_1 = 0,682 ; a_2 = 0,514 ; a = 0,546$$

и подставим полученные значения в формулу (5). Получим значение  $S_3 = 0,3$ .

Чтобы убедиться в правильности полученных выше результатов, в качестве проверочной формулы используем (4). При подстановке всех известных значений выполняется равенство полученных числовых результатов в обеих частях уравнения.

*Четвёртый показатель – озеленённость приречной территории* – был рассчитан по следующей формуле (6):

$$S_4 = (SG_{\text{rgr}} + ST_{\text{rgr}}) \times 100 / S_{\text{rgr}} \quad (6),$$

где  $S_4$  – площадной показатель доли зелёной инфраструктуры от приречной территории;

$S_{\text{rgr}}$  – площадь приречной территории.

**Расчёт показателей фрагментарности.** В группу показателей фрагментарности входят:

- 1) Озеленённость 200-метрового буфера главной реки, % (рассчитан для всего города и только для зоны сплошной застройки);
- 2) Общая оценка фрагментарности приречной территории, безразмерная (рассчитан только для зоны сплошной застройки).

*Первый индикатор – озеленённость 200-метрового буфера реки* – был рассчитан для оценки роли приречных территорий как водно-зелёного коридора. Для этого с помощью инструмента Analysis – Buffer в ArcMap был построен буфер радиусом 200 м от главных рек в каждом городе. В работах, посвящённых оценкам связности ЗИ, архитектурной планировке и функциональной структуре ПРТ, часто используется буфер 100-150 м (Silva, 2006). В данной работе была использована величина буфера, равная ширине водоохраной зоны в России для рек более 50 км. Далее по полигону этого буфера был вырезан растр (инструмент Data Management – Clip) из растра земельного покрова, получение которого описано в предыдущем пункте. Расчёт площади зелёной инфраструктуры буфера был проведён при помощи инструмента Zonal Statistics – Tabulate Area.

*Второй показатель фрагментарности – общая оценка фрагментарности* – был рассчитан в программе FRAGSTATS. В ней был использован растр земельного покрова, полученного на основе синтезированного снимка Landsat 8. Подготовка растра была проведена в программе ArcMap 10.3: растры земельного покрова ПРТ

были реклассифицированы инструментом Reclassify в два класса: растительный покров (древесная и недревесная растительность) и все остальные типы земельного покрова. Затем реклассифицированные растры были загружены в FRAGSTATS. Для дальнейшей работы с ними была подготовлена матрица фоновых значений (background value), за которые принимался класс без растительного покрова: классу растительного покрова присуждалось значение true, а для пикселей класса без растительного покрова – false (рис. 3.5).

ID	Name	Enabled	IsBackground
1	nonvegetation	false	true
2	vegetation	true	false

Рис. 3.5. Матрица значений для классов реклассифицированного растра земельного покрова (1 класс – поверхности, не покрытые растительностью, 2 класс – растительность).

Также была добавлена матрица глубины краёв, обозначающая значение краевого эффекта (120 м). Применялись операции по 8 метрикам класса (Class metrics):

- 1) Edge density (ED – краевая плотность);
- 2) Largest patch index (LPI – индекс крупнейшего патча);
- 3) Patch density (PD – плотность патчей);
- 4) Number of patches (NP – количество патчей);
- 5) Mean patch area (MPA – средний размер патча);
- 6) Total core area (ТСА – общая площадь территории вне краевого эффекта);
- 7) Euclidean nearest neighbor distance (ENN – Евклидово расстояние до ближайших соседей);
- 8) Perimeter-area ration – PAR (отношение периметра к площади патчей).

Зависимость фрагментарности зелёной инфраструктуры от значений метрик фрагментарности приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Метрики фрагментарности, используемые для последующей итоговой оценки фрагментарности.

№	Метрика фрагментарности	Единица измерений	Фрагментарность с увеличением показателя
1	Количество патчей	шт. патчей	Возрастает
2	Плотность патчей	патчи/100 га	Возрастает
3	Средний размер патча	га	Уменьшается
4	Индекс крупнейшего патча	-	Уменьшается
5	Краевая плотность	м/га	Возрастает
6	Доля территории, неподверженная краевому эффекту	%	Уменьшается
7	Евклидово расстояние до ближайшего соседнего фрагмента	м	Уменьшается
8	Отношение периметра к площади патча	-	Увеличивается

*Количество патчей* – первая метрика – характеризует фрагментарность в самом общем виде – сколько всего на ПРТ обособленных зелёных элементов разной крупности. Исходя из площадного подхода, всё приречная территория является экологическим коридором, если вся площадь занята растительностью. В случае данной метрики, приречная территория будет полностью выполнять функцию непрерывного водно-зелёного коридора, если значение метрика количества патчей будет близко к 1.

Метрика количества патчей даёт показатели в абсолютных значениях и не учитывает площади исследуемого участка – очевидно, что на приречных территориях больших размеров, скорее всего, будет и больше патчей. Относительные показатели даёт вторая метрика – *плотность патчей*, т.е. сколько патчей приходится на квадратный метр внутри ПРТ. В идеальном случае, вся единица площади ПРТ была бы покрыта непрерывной растительностью, а в качестве числителя в отношении этого индикатора была бы единица. Таким образом, чем меньше плотность патчей, тем более непрерывна зелёная инфраструктура.

Третья метрика – *средний размер патча* – необходима для понимания, насколько мелкими или крупными являются преимущественно элементы зелёной инфраструктуры внутри ПРТ. Для выполнения функций сохранения и поддержания биоразнообразия, как и формирования экологического коридора, предпочтительней крупные непрерывные патчи.



Четвёртая метрика – *плотность краёв патчей*. Для фрагментированной зелёной инфраструктуры характерна большая длина краёв зелёных элементов, и соответственно их плотность – отношение суммы всех длин зелёных патчей к площади исследуемой территории (м/га). В идеальном случае, вся территория является одним патчем и не имеет краёв, т.е. значение индикатора равно 0. Таким образом, чем меньше значение плотности краёв, тем менее фрагментирована зелёная инфраструктура на ПРТ. Эта метрика позволяет учесть сложность формы и размер патчей. В целом, чем более «изрезанным» (чем больше сумма краёв относительно площади, тем сложнее форма) является патч вне зоны сплошной застройки, тем более антропогенно трансформированным считается зелёный массив, поскольку для искусственного сведения растительности как правило характерно усложнение их формы (Muhammed, 2021) (неравномерное сокращение площади с определённой стороны или сторон вследствие естественных причин, а в разных местах с разной глубиной и интенсивностью в зависимости от имеющихся административных границ, инфраструктуры, правовых отношений и т.д.).

Пятая метрика – *индекс крупнейшего патча*. Это отношение площади крупнейшего зелёного патча к площади ПРТ, переведённое в проценты. Соответственно, 100% соответствует полностью занятой зелёной инфраструктурой территории. Значение показывает, какая доля приречной территории занята крупнейшим патчем, т.е. непрерывной озеленённой территорией. Большие значения соответствуют приречным территориям с меньшей степенью фрагментарности. Фактически, если приречная территория в значительной степени занята единым зелёным массивом, то это и есть та часть ПРТ, которая может выступать экологическим коридором или местообитанием.

Одна из первых работ, посвящённых зависимости между размером экосистемы и биоразнообразием (Diamond, 1976) указывает на то, что биоразнообразие и продуктивность до определённого момента возрастают вместе с площадью массива или ООПТ, поэтому в границах города, где практически не могут сохраняться очень крупные массивы, можно принять за правило, что чем больше зелёный элемент, тем больший объём средоформирующих функций он способен выполнять. Реальный объём зависит от состояния самой экосистемы внутри массива

и внешнего воздействия города на неё, но размер определяет сколько потенциально при отсутствии возмущающего воздействия может предоставить элемент ЗИ.

Ряд работ, появившихся в последние годы (Fahrig, 2020; Deane, 2020; Vega, 2021) опровергает данную теорию и доказывает, что в некоторых случаях биоразнообразие всех типов выше при наличии нескольких небольших патчей, нежели одного большого. Однако большинство работ о зависимости размера патча и биоразнообразия касаются либо естественных ландшафтов, либо малых городов. В крупных городах и на плотно застроенных территориях краевой эффект, как правило, более ощутим из-за светового и шумового воздействия, более активной по сравнению с пригородными территориями рекреацией, нарушенными и трансформированными природными процессами. И хотя разные виды по-разному приспособляются (или не приспособляются) к урбанизированным территориям, многим из них действительно не хватает площади малых патчей в городе для существования устойчивой популяции (Giulio, 2009). Данная работа опирается на гипотезу, что внутри города крупные патчи способствуют увеличению и стабилизации видового биоразнообразия.

Шестая метрика тесно связана с предыдущей – это *площадь территории, вне краевого эффекта*, т.е. с минимальным воздействием городской среды на экосистему. Чем больше эта площадь, тем больше в пределах ПРТ потенциально устойчивых экосистем для сохранения биоразнообразия. Для города и городских ПРТ в частности значения этой метрики во многом зависят от наличия крупных патчей, поэтому, в целом, города с наибольшей площадью территорий без краевого эффекта на приречных территориях совпадают с имеющими наибольшие значения индекса крупнейшего патча. Это, в первую очередь, связано с тем, что внутри крупных патчей могут быть небольшие участки, лишённые растительности (это касается, в том числе, парков). На площадь патча эти участки влияют незначительно, однако они создают дополнительную зону с краевым эффектом внутри патча. Во-вторых, площадь патча под краевым эффектом зависит от формы патча, так как у изрезанных патчей больше краёв.

Седьмая метрика – *Евклидово расстояние до ближайшего соседнего патча* – описывает сумму расстояний от краёв патча до краёв ближайших соседних патчей. Она в наибольшей степени характеризует именно связность. Чем меньше расстояние

между патчами, тем они ближе друг к другу и тем выше их потенциал к сохранению биоразнообразия и формированию экологического коридора, поскольку многие виды способны преодолевать «барьеры» запечатанных территорий, которые разделяют зелёные массивы. Однако внутри зоны сплошной застройки эта метрика приобретает ещё и другой смысл – насколько плотно в среднем озеленены населённые части города, поскольку внутри ЗСЗ соседними малыми патчами часто выступают элементы внутриквартального озеленения.

Последняя восьмая метрика – это *отношение периметра ЗИ к её площади (индекс PAR)*. Как и метрика плотности краёв, этот показатель также определяет степень изрезанности ЗИ, но относительно её собственной площади, а не всей приречной территории. Данная метрика служит как дополнение к индикатору плотности краёв и результаты этих двух показателей не всегда совпадают. Обе метрики учитывают форму ЗИ и сложность её границ. Однако эта метрика направлена в первую очередь на то, чтобы показать насколько форма элемента зелёной инфраструктуры отличается от «идеальной» круглой, которая для многих видов и природных зон считается оптимальной (Helzer, 1999; Zipkin, 2009) – чем больше значение метрики, тем больше отличия от круга и от оптимальной формы экосистемы.

Поскольку референтных значений у метрик фрагментарности не установлено, сравнивать фрагментарность в объектах исследования было предложено при помощи показателя отклонения значений фрагментарности от средних значений.

Для сравнения результатов по метрикам фрагментарности было рассчитано отклонение каждого значения от среднего по всем исследованным городам для каждой метрики (это разница между фактическим значением и средним), после чего абсолютное отклонение переводилось в относительное (в проценты) по формуле (7):

$$\Delta F_{отн} = \Delta F_{абс} \times 100 / F_{ср} \quad (7),$$

где  $\Delta F_{отн}$  – относительное отклонение значений индикатора фрагментарности от среднего;

$\Delta F_{абс}$  – абсолютное отклонение значений индикатора фрагментарности от среднего;

$F_{ср}$  – среднее значение индикатора фрагментарности.

Отклонение считалось значительным, если оно превышало 20% в положительную или отрицательную сторону. Учитывая, как значения метрик фрагментарности характеризуют потенциал экосистемы к поддержанию видового биоразнообразия и собственной устойчивости, было предложено использовать следующие закономерности для метрик фрагментарности:

- *потенциал к сохранению видового биоразнообразия и экосистемной устойчивости у ЗИ тем выше, чем выше значения метрик 1) среднего размера патча (MPA); 2) индекса крупнейшего патча (LPI); 3) площади вне краевого эффекта (TCA).* Для данных показателей отклонение считалось «положительным» (лучше относительно среднего показателя), если его значение больше 20%, и «отрицательным» (хуже относительно среднего показателя), если значение меньше -20%;
- *потенциал к сохранению видового биоразнообразия и экосистемной устойчивости у ЗИ тем ниже, чем выше значения метрик 1) количества патчей (NP); 2) плотности патчей (PD); 3) плотности краёв (ED); 4) среднее Евклидово расстояние до ближайших соседних патчей (ENN); 5) среднее отношение периметра патча к его площади (PAR).* Для данных показателей отклонение считалось «положительным» (лучше относительно среднего показателя), если его значение меньше -20%, и «отрицательным» (хуже относительно среднего показателя), если больше 20%.

Значения отклонений, занимающие диапазон между 20% и -20%, считаются близкими к средним – «нейтральными». Для вычисления общего балла фрагментарности, каждому значению отклонения от среднего присуждался балл. «Положительным» значениям присуждалось 2 балла, «нейтральным» – 1, «отрицательным» – 0. Для удобства, эти условные баллы фрагментарности были нормализованы (переведены в проценты).

**Расчёт показателей рекреационного потенциала.** Группа рекреационных показателей включает в себя:

- 1) *Приречные природно-культурные аттракторы в рекреации города* – доля природно-культурных аттракторов, расположенных на приречных территориях, от всех природно-культурных аттракторов города, % (рассчитан внутри административных границ города);

- 2) *Обеспечение необходимого объёма рекреационных услуг города природно-рекреационными землями, % (рассчитан для всего города и только внутри зоны сплошной застройки);*
- 3) *Преобладающий тип природно-культурных аттракторов на приречных территориях (определён внутри административных границ города).*

*Первый рекреационный индикатор – приречные природно-культурные аттракторы в рекреации города* – был использован для определения вклада приречных территорий в формирование рекреационных услуг города. Количество точек внутри приречной территории и города было вычислено при помощи инструмента в ArcMap – Spatial Join (Пространственное соединение). После определения количества природно-культурных аттракторов внутри города, была рассчитана доля городских природно-культурных аттракторов, расположенных на ПРТ, по формуле (8):

$$R_1 = A_{\text{прп}} \times 100 / A_{\text{urb}} \quad (8),$$

где  $R_1$  – рекреационный показатель доли ПКА на приречных территориях от всех ПКА города;

$A_{\text{urb}}$  – количество природно-культурных аттракторов в городе;

$A_{\text{прп}}$  – количество природно-культурных аттракторов на ПРТ.

*Второй показатель – обеспечение необходимого объёма рекреационных услуг города природно-рекреационными землями.* Для его вычисления сначала был рассчитан необходимый для населения объём рекреационных услуг. Согласно региональному стандарту озеленения парков, например, Московской области, необходимый объём рекреационных услуг зелёной инфраструктуры в городе должен равняться 5% от численности населения города – это количество рекреантов, которые могут одновременно комфортно находиться на всей рекреационной зелёной инфраструктуре города, и при котором рекреационная нагрузка на озеленённую территорию остаётся оптимальной. Необходимый объём рекреационных услуг был рассчитан для каждого города с использованием данных Росстата за 2021 г. о численности населения городов исследования. Чтобы определить, сколько от этого необходимого объёма приходится на зелёную инфраструктуру приречных территорий, была рассчитана рекреационная ёмкость природно-рекреационных земель (категорий карты функционального зонирования).

Для этого был использован норматив из (Временная методика..., 1987) – 2 чел./га, что является усреднённым стандартом единовременной рекреационной нагрузки. Для пойменных лугов степной и лесостепной зоны в данной методике был предложен даже более мягкий стандарт – 3 чел./га, однако, учитывая, что для разных типов леса эта рекомендация бывает значительно ниже (до 0,5 чел./га), а на ПРТ имеются большие площади древесной растительности и лесов, было решено использовать в вычислениях значение 2 чел./га.

Таким образом, доля необходимого объёма рекреационных услуг города, обеспечиваемая природно-рекреационными землями приречных территорий была получена по формуле (9):

$$R_2 = (N_{rc} \times SR_{prp}) \times 100 / (P_{urb} / 20) \quad (9),$$

где  $R_2$  – рекреационный показатель доли необходимого объёма рекреационных услуг города, обеспечиваемых природно-рекреационными землями приречных территорий;

$N_{rc}$  – норматив рекреационной ёмкости (2 чел./га);

$SR_{prp}$  – площадь рекреационных земель на приречных территориях;

$P_{urb}$  – численность населения города.

*Третий показатель – преобладающий тип природно-культурных аттракторов на ПРТ* – был использован для оценки состояния и функций приречных территорий, позволяет понять их основную рекреационную роль в каждом городе. Для этого все природно-культурные аттракторы были разделены на 5 типов:

- 1) геолого-геоморфологический – аттракторы, чье происхождение связано с деятельностью внутренних сил Земли, а также особенностями рельефообразования – пещеры, вершины холмов, обнажения склонов;
- 2) гидрологический – аттракторы, представляющие собой объекты гидросферы – ключи, родники, водопады и т.д.;
- 3) культурный – аттракторы с особой культурно-исторической ценностью – исторические, мемориальные и религиозные сооружения;
- 4) флористический – объекты растительного мира, в основном – элементы ЗИ;

5) рекреационно-оздоровительный – аттракторы, предназначенные для пассивной оздоровительной и досуговой рекреации – речные пляжи, детские лагеря, санатории, фонтаны.

***Определение показателей состава и свойств приречных территорий.***

Данная группа показателей включает в себя:

- 1) *Преобладающий тип функциональных зон на приречных территориях* (определён внутри административных границ города);
- 2) *Тип расположения города на реке* (определён внутри административных границ города);
- 3) *Доля приречных территорий от площади города, %* (рассчитан для всей площади города);
- 4) *Общая оценка по результатам полевых исследований* (определён внутри административных границ города).

*Первый показатель общей характеристики – преобладающий тип функциональных зон на приречных территориях.* Функциональные зоны в пределах ПРТ, с одной стороны, формируют основную «специализацию» приречной территории, а с другой, позволяют выделить на приречных территориях города разные по функциям участки и оценить их расположение и размер.

Схемы и карты функционального зонирования в приложениях к Генеральным планам городов не имеют единой легенды, однако крупные типы функциональных зон по большей части совпадают (деловые, жилые, природно-рекреационные, промышленные), внутреннее деление на более мелкие типы во всех городах отличается и названиями зон, и полнотой набора зон. Так, в одних объектах могут отдельно выделяться лесопарки, леса и городские озеленённые территории, а в других все эти типы могут быть объединены в одну зону «природно-рекреационных земель».

Поэтому для унификации расчетов было выделено пять общих для всех городов классов функциональных зон:

- 1) природно-рекреационные земли (включающие в себя и общественные озеленённые территории, и лесопарки, и леса, и природные естественные ландшафты, и все остальные категории земель, встречающиеся в генеральных планах внутри природно-рекреационной зоны);

- 2) жилые (включающие все типы застройки, в т.ч. дачи; и приусадебное озеленение);
- 3) общественно-деловые;
- 4) производственно-коммуникационные (включая специальное озеленение санитарных зон);
- 5) специальные (включая зоны транспортной, инженерной и прочей специальной инфраструктуры и специальное озеленение санитарных зон).

Затем жилые зоны были объединены при подсчёте площади с общественно-деловыми (как две функциональные части ПРТ, где постоянно располагается больше всего населения), а производственно-коммуникационные со специальными (как части ПРТ, наименее эффективные в социально-культурном или геоэкологическом аспектах).

Для определения площади и доли ПРТ, занятой той или иной функциональной зоной карты функционального зонирования из генеральных планов городов были привязаны к координатной сетке и вручную оцифрованы на территорию ПРТ по объединённым классам. После оцифровки площади векторов были рассчитаны внутри таблицы атрибутов в ArcMap инструментом Calculate area (Рассчитать площадь).

В результате, все города были разбиты на три типа: 1) ПРТ с абсолютным преобладанием условно-природных и городских озеленённых пространств (природно-рекреационные земли); 2) ПРТ, в значительной степени, занятые жилыми и деловыми кварталами (преобладание жилой и общественно-деловой зон); 3) ПРТ, в значительной степени, занятые промышленными зонами и специальными инфраструктурными сооружениями (преобладание производственно-коммуникационной и специальной зон).

Первый функциональный тип в рамках работы был принят за «экологоориентированный», свидетельствующий о высокой экологической значимости приречных территорий и наибольшем объёме выполняемых ими экосистемных услуг. Здесь много элементов зелёной инфраструктуры, предназначенных в первую очередь для предоставления средорегулирующих и средообразующих функций – лесопарки, ООПТ, неблагоустроенные и слабо освоенные зелёные пространства и пустыри. Эти типы приречных территорий обычно отличаются наименее напряжённой экологической ситуацией, поскольку в



их пределах меньше всего источников загрязнения окружающей среды (транспорта, промышленных и специальных объектов).

Второй функциональный тип был отнесён к более социально-ориентированной специализации ПРТ: здесь по сравнению с другими функциональными типами приречных территорий, с одной стороны, сосредоточена наибольшая часть постоянного населения, постоянно испытывающего влияние реки. С другой стороны, здесь сконцентрирована относительно высокая доля деловой, активной и «живой» части города, что говорит о высокой включенности реки в жизнь города. Элементы ЗИ представлены, в первую очередь, парками, скверами, озеленёнными набережными и прочими общедоступными городскими открытыми пространствами для ежедневной рекреации; а также элементами городского, внутриворового и приусадебного озеленения. Для этого типа приречных территориях характерна напряжённая экологическая ситуация на участках с преобладанием деловых зон, в городах – это обычно территории с наибольшей автомобильной плотностью.

Третий функциональный тип ПРТ был отмечен наименьшей ценностью с точки зрения предоставления как экологических, так и социальных функций. Здесь большая доля приречных территорий занята промзонами, транспортной и инженерной инфраструктурой, соответственно, река выполняет скорее инфраструктурную, нежели культурную или экологическую функцию. Здесь в структуре зелёной инфраструктуры будет присутствовать больше озеленения специального назначения. Для этого типа приречных территорий также характерна напряжённая экологическая ситуация, однако с точки зрения загрязнения не только окружающей среды, но и визуальной среды первой линии города. Весомое преобладание одной из функций в пределах ПРТ было выделено только в нескольких городах, в большинстве же случаев два типа функциональных зон встречаются примерно в равном соотношении.

Для определения функционального типа ПРТ были введены дополнительные пороговые значения для наиболее и наименее ценных функциональных типов ПРТ. Если на приречных территориях в пределах зоны сплошной застройки более 30% промышленных и специальных зон, то ПРТ по функциональному типу следует считать третьим (в значительной степени занятые промышленными зонами и

специальными инфраструктурными сооружениями). В работе (Wang, 2019) приводится пороговое значение для городов 15-30% промышленных зон от площади городской застройки, при котором в городе сохраняется умеренный экологический риск. По данным (Bertaud, 2006), в большинстве крупных городов Центральной и Восточной Европы с рыночной экономикой и неиндустриальной специализацией доля промышленных зон от урбанизированной площади города составляет не более 10%. Поскольку практически во всех исследованных городах на реках присутствует значительная часть промышленных зон и поскольку к производственно-коммуникационным территориям также были отнесены зоны специального назначения (которые не учитываются в приведённых в литературе значениях), порог взят более низкий.

Для отнесения к первому функциональному типу на ПРТ в пределах зоны сплошной застройки должно быть не менее 50% природно-рекреационных земель. Это пороговое значение получено, во-первых, на основе градостроительных нормативов, согласно которым доля ЗИ от площади города должна составлять от 40 % (DCRG, 2009) до 50 % (Горохов, 1991) в жилых районах. Данные нормативы, в первую очередь, ориентированы на формирование комфортной городской среды для горожан, т.е. охватывают социальный аспект зелёной инфраструктуры ПРТ. Во-вторых, указанный порог учитывает рекомендации по озеленению самих приречных территорий. Как таковых, стандартов озеленения городских ПРТ в нашей стране не разработано, т.к. не установлено и общее понятие для ПРТ. Обычно стандарты приводятся для разных функциональных зон города, без дополнительных рекомендаций для приречных территорий.

Тем не менее, стандарты по озеленению водоохраных зон и набережных в городах могут быть включены в отдельные стандарты благоустройства городов по распоряжению местного правительства. Отечественное законодательство касается только лесов, расположенных в водоохраных зонах, где запрещены сплошные рубки (Статья 104, 113 ЛК РФ). Зарубежные стандарты допускают щадящие рубки в рипарианских зонах (по размерам сопоставимых с водоохраными зонами: 50-150 м) при условии сохранения определённой доли сомкнутого древесного покрова на территории. Значения минимально допустимой доли озеленения ПРТ водотоков первого порядка варьируют от 70 % до 50 % (Broadmedow, 2004). В руководствах по

управлению лесами рипарианских зон разных штатов США наиболее часто используется значение 75 % (Phillips et al., 2000). Данные рекомендации ориентированы на сохранение целостности и нормального функционирования рипарианских экосистем, т.е. выполнение функций регулирования и формирования стока, предотвращения эрозии, поддержания местообитания. Это второй, так называемый экологический аспект городских ПРТ, которые несмотря на своё расположение в трансформированных городских ландшафтах продолжают являться природным объектом и выполнять соответствующие экологические функции. С учётом двойственной природы приречных территорий предлагается использовать в качестве порогового значения для выделения первого функционального типа среднее значение градостроительных и водоохраных рекомендаций – 50 % озеленённых территорий от площади ПРТ внутри зоны сплошной застройки.

*Второй индикатор – тип расположения города на реке* – является показателем степени интеграции реки в город, поскольку именно исторический центр обычно является начальной точкой роста и благоустройства города, а также одним из наиболее привлекательных и посещаемых мест города. Тип взаиморасположения *река-город* был определён преимущественно визуально по синтезированному снимку Landsat 8 в естественных цветах и выделенной зоне сплошной застройки при помощи инструмента Линейка в ArcMap. При определении данного показателя частично была использована классификация взаиморасположения города и реки (Silva, 2006):

- диаметральный тип взаиморасположения (отношение площадей ЗСЗ по обоим берегам реки около 0,5 или 0,7, если один берег освоен незначительно больше) – город относительно равно расположен по обоим берегам реки;
- эксцентричный (отношение площадей ЗСЗ по обоим берегам реки от 0,7 до 0,95) – город по большей части развивается вдоль одного берега;
- тангенциальный (отношение площадей ЗСЗ по обоим берегам реки 0,95-1,0) – город практически существует на одном берегу.

В данной работе произведена некоторая модификация упомянутого выше классификационного подхода с использованием дополнительных показателей. Таким образом, типы взаиморасположения река-город (рис. 3.6) в рамках исследования выделяются в зависимости от:

- 1) расположения города относительно реки (на одном / нескольких берегах);
- 2) удалённости ЗСЗ от реки;
- 3) формы развития города относительно реки (параллельное развитие территории вдоль реки, равномерное развитие в обе стороны от реки, однонаправленное развитие от реки).

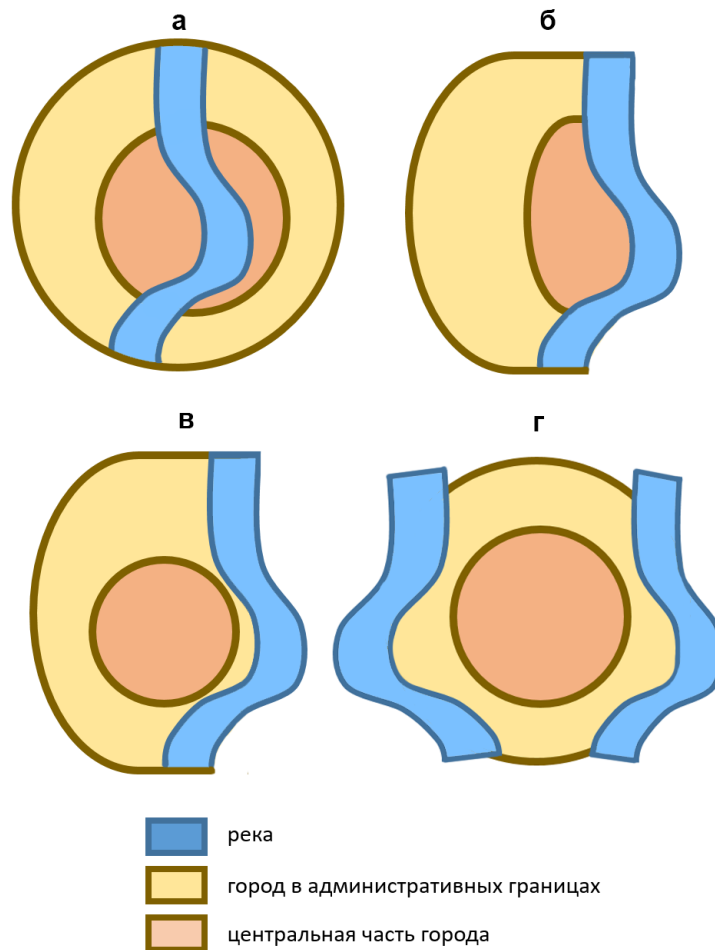


Рис. 3.6. Типы взаиморасположения «река-город»: а – диаметральное взаиморасположение с развитием города по обоим берегам и вытянутой ЗСЗ по берегам; б – эксцентричное взаиморасположение с развитием города по одному берегу и вытянутой ЗСЗ по берегам; в – тангенциальное взаиморасположение с развитием города по одному берегу и с удаляющейся от реки ЗСЗ; г – кольцевое взаиморасположение с развитием города между двумя крупными реками и удалённой от рек ЗСЗ.

Данные критерии классификации расположения города относительно реки были выбраны по той причине, что именно они определяют степень «интегрирования» реки в город, т.е. насколько глубоко река проникает в городское ядро. Как и остальные элементы зелёной инфраструктуры, река предоставляет

максимум услуг для городского населения, когда она «приближена» к горожанам: проходит через наиболее плотно застроенный и населённый центр города, а территории города в значительной степени лежат на речных берегах.

В отличие от классификации (Silva, 2006), данные типы учитывают не только отношение площадей города по разным берегам реки, но и положение ЗСЗ относительно реки. Поскольку ЗСЗ является «живой» частью города, её удаление от реки говорит и об общем отстранении города от главной водной артерии. К тому же, в данном исследовании тип взаиморасположения «б» может быть похожим по распределению площадей на тангенциальный тип по классификации (Silva, 2006). Разница в том, что в этом типе административные границы и ЗСЗ вытянуты вдоль реки (длина города вдоль реки значительно больше ширины города), поэтому несмотря на однобережное развитие, город продолжает иметь тесную связь с рекой. Также выделен четвёртый тип взаиморасположения (рис. 3.6 - г), который был обнаружен только на одном объекте исследования – в Уфе.

*Третий показатель – Доля приречных территорий от площади города –* необходим для оценки общего состояния приречной территории в городе. Рассчитан данный индикатор по следующей формуле (10):

$$G_3 = S_{\text{прп}} \times 100 / S_{\text{urb}} \quad (10),$$

где  $G_3$  – доля площади ПРТ от площади города;

$S_{\text{urb}}$  – площадь города.

*Четвёртый показатель – общая оценка по результатам полевых исследований –* получен на основе авторских наблюдений на объектах исследования. Целью полевых обследований были уточнение и верификация реального функционального использования, степени и качества озеленения и благоустройства приречных территорий. Также в ходе обследований были получены данные об открытости и доступности исследуемых территорий, преобладающих на них типах застройки и состоянии условно естественных участков.

Для получения результатов по данному индикатору, в исследуемых городах были составлены маршруты по ключевым участкам, всегда включающим центральную часть города с главными приречными аттракторами. В них также по возможности было включено хотя бы по одному участку каждого типа функционального зонирования. В случае труднодоступности участка (острова,

промышленные зоны), он был рассмотрен с обзорных точек или с соседних участков. Рисунок 3.7. иллюстрирует пример точек описания на ключевых участках в Волгограде для центральной части города.

Таблица 3.2. Параметры, используемые при полевых исследованиях приречных территорий для разных функциональных типов территории.

<b>Набережные и «парковая» зелёная инфраструктура</b>	Тип ЗИ и степень озеленения	Открытость ландшафта	Близость транспорта	Наличие рекреационной инфраструктуры	Наличие объектов отторжения	Доступность
	<i>Набережная, парк, сквер, бульвар, газоны на склонах</i>	<i>Открытый, полукрытый, закрытый, полукрытый</i>	<i>Организовано автомобильное движение или пешеходная зона</i>	<i>Избыточно, достаточно, недостаточно</i>	<i>Мусор, ветхая инфраструктура, следы вандализма</i>	<i>Высокая, средняя, низкая</i>
<b>Лесопарковая и условно естественная зелёная инфраструктура</b>	Тип ЗИ и часть долины, к которой приурочены	Степень благоустройства	Рекреационная нагрузка	Наличие объектов отторжения		
	<i>Склоны, острова, приустьевая часть, пойма, терраса</i>	<i>Благоустроено, частично благоустроено, не благоустроено</i>	<i>Слабая, умеренная, высокая</i>	<i>Мусор, ветхая инфраструктура, конфликтность стиля и функциональных зон</i>		
<b>Культурно-историческая зона</b>	Степень озеленения и элементы ЗИ	Состояние аттракторов	Близость транспорта	Наличие объектов отторжения	Единство стиля	
	<i>Недостаточно, достаточно Газоны, клумбы, деревья</i>	<i>Ветхое, реставрированное, новое</i>	<i>Организовано автомобильное движение, исключительно пешеходная зона</i>	<i>Мусор, ветхая инфраструктура, следы вандализма</i>	<i>Гармонично, конфликтно, смешанно</i>	
<b>Промышленная зона</b>	Использование	Состояние инфраструктуры	Степень озеленения	Общая визуальная привлекательность	Доступность	
	<i>Действующие, заброшенные</i>	<i>Ветхое, среднее, новое</i>	<i>Недостаточно, достаточно</i>	<i>Высокая, средняя, низкая</i>	<i>Закрытая зона, частично открытая</i>	
<b>Жилая и деловая зона</b>	Состояние инфраструктуры	Этажность, плотность застройки	Степень озеленения	Доступность	Наличие объектов отторжения	
	<i>Ветхое, среднее, новое</i>	<i>Многоэтажные, малоэтажные, индивидуальная застройка</i> <i>Высокая, средняя, низкая</i>	<i>Недостаточно, достаточно</i>	<i>Закрытая зона, частично открытая</i>	<i>Мусор, ветхая инфраструктура, конфликтность стиля и функциональных зон, следы вандализма</i>	

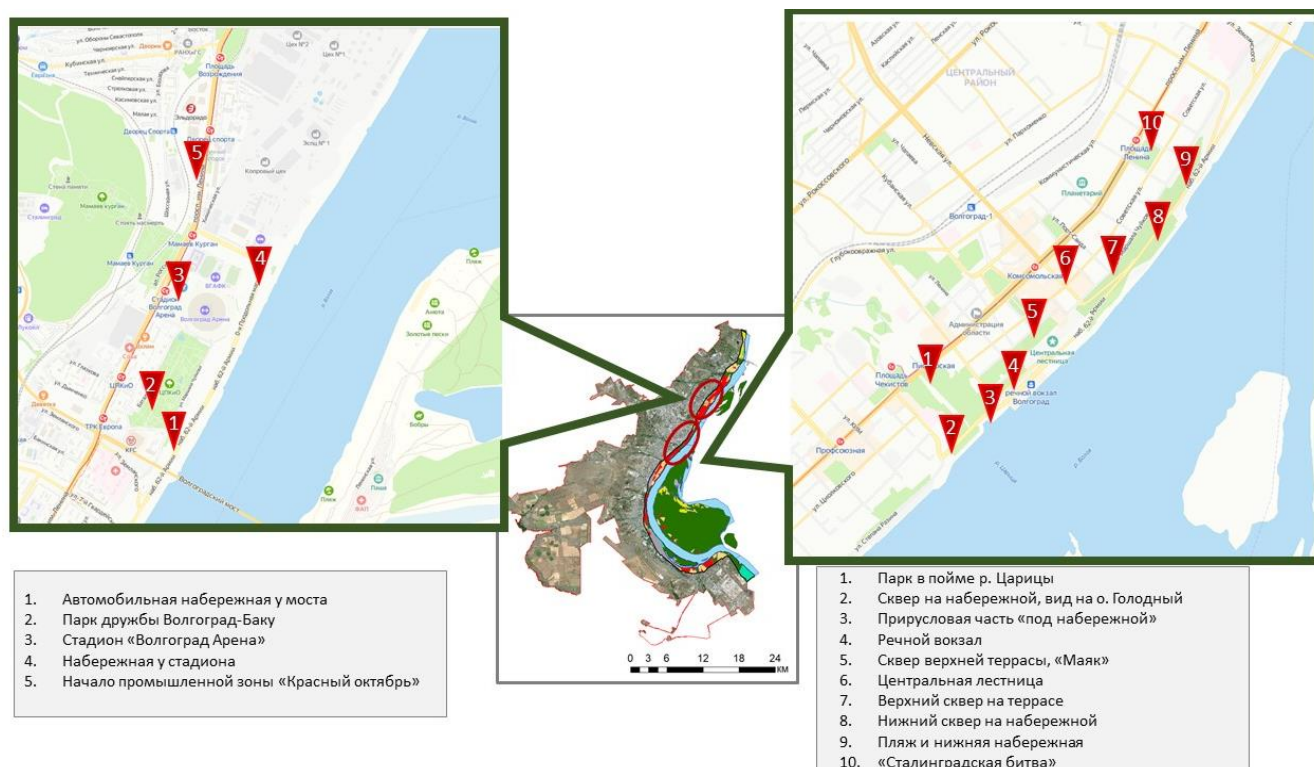


Рис. 3.7. Пример схемы фактического материала для центральной части Волгограда (картографическая основа для схемы взята с веб-портала Яндекс Карты: <https://yandex.ru/maps>).

В ходе обследований на ключевых маршрутах были сделаны экспертные описания параметров приречных территорий, выбор которых зависел от функционального типа территории (табл. 3.2).

Степень озеленения в данной части исследования определены визуально-экспертным методом. Недостаточным она считалось в случае преобладания искусственных, а не озеленённых поверхностей, малого количества парков и скверов или их отсутствия.

Открытость ландшафта отражает преобладание высоких или низких объектов на местности, которые в результате создают ощущение либо закрытого, либо открытого пространства. Первое характерно для территорий, занятых плотно растущими деревьями; второе напротив для полей и лугов с редкими или отсутствующими деревьями.

Состояние инфраструктуры и аттракторов (ветхие и новые дома в плохом состоянии, старые и новые в хорошем; разбитые или целые дорожки; разрушенные, неухоженные и новые скамьи и мусорные баки и т.д.), наличие объектов отторжения (следы вандализма, высокая замусоренность), общая визуальная привлекательность



и единство стиля (конфликтность или гармоничность), наличие пешеходной зоны без автомобильного транспорта – все эти параметры характеризуют привлекательность приречной территории и косвенно степень его вовлеченности в жизнь горожан, поскольку на привлекательной территории обычно находится больше людей.

Таким образом, на основе собранных материалов было составлено комплексное описание ключевых маршрутов на приречных территориях. По данным результатам полевых исследований был получен общий оценочный балл состояния ПРТ.

### **3.3. Итоговый оценочный этап**

*По первому блоку: функции приречных территорий.* В результате комплексной оценки используемых в данном блоке индикаторов определена ключевая функция приречных территорий в городе, которая может быть «культурной», «деловой», «экологической» или смешанной (например, культурно-экологической, культурно-деловой). «Деловая» функция характеризуется в первую очередь «практичным» использованием городской территории. На таких ПРТ цель большинства элементов зелёной инфраструктуры – сформировать комфортную среду для местного населения (озеленение дворов, небольшие скверы для ежедневной рекреации). Для деловых ПРТ характерно преобладание промышленных-специальных или деловых-жилых функциональных зон, обычно у них высокие значения фрагментарности зелёной инфраструктуры и на них преобладают малые зелёные элементы. Центральная часть приречных территорий, как правило, занята деловым центром. Природно-культурные аттракторы таких ПРТ часто представляют собой рекреационно-оздоровительные объекты (включая речные пляжи). «Культурная» специализация определена у ПРТ, у которых в функциональной структуре преобладают жилые и деловые зоны, на которых распространены средние и малые общедоступные зелёные элементы (городские парки, сады, бульвары), и них сосредоточено много природно-культурных аттракторов культурного типа. «Экологическая» специализация характерна для приречных территорий с абсолютным преобладанием природно-рекреационных территорий с низкой фрагментарностью, с большим количеством крупных

элементов зелёной инфраструктуры и значительной концентрацией на ПКА флористического типа.

Состояние приречных территорий дополнительно оценено по составу и структуре зелёной инфраструктуры (расположению, размеру, назначению, благоустройству), характеру прочих функциональных зон и общей оценке по результатам полевых исследований. В результате, для приречных территорий городов были выявлены типовые проблемы.

***По второму блоку: вклад зелёной инфраструктуры приречных территорий в формирование экосистемных услуг.*** Каждое значение используемых в блоке показателей характеризует вклад приречных территорий как *значительный, средний* или *незначительный*. Для оценки вклада были рассчитаны средние для всех городов исследования значения по каждому показателю. Отклонения от среднего значения варьируют от 10 до 20% в зависимости от разброса фактических значений. Значительные отклонения (более, чем на 10-20%) от среднего значения в лучшую сторону характеризовали фактическое значение как показатель *значительного* вклада зелёной инфраструктуры ПРТ. Незначительные отклонения (менее чем на 10%-20%) от среднего значения характеризовали фактическое значение как показатель среднего вклада приречных территорий. Наконец, значительные отклонения (более чем на 10-20%) от среднего значения в худшую сторону характеризовали фактическое значение как показатель незначительного вклада приречных территорий.

Чтобы оценить общий вклад зелёной инфраструктуры ПРТ в формирование объёма экосистемных услуг в городе, каждому типу значений был присвоен условный балл: значительным – 2 балла, средним – 1 балл, незначительным – 0 баллов. Так, максимально возможная сумма баллов по всем показателям равна 16 баллам. Далее полученные балла были нормализованы (переведены в шкалу от 1 до 100). Вклад зелёной инфраструктуры приречных территорий городов, набравших более 60 баллов, был оценён как значительный; от 40 до 60 – как средний; и менее 40 – как незначительный.

***По третьему блоку: роль приречных территорий как водно-зелёного коридора города.*** Степень выполнения роли водно-зелёного коридора приречными территориями была оценена как *выполняет, может выполнять* или *не выполняет*.

Значениям показателей, которые характеризовали ПРТ как «выполняет» роль водно-зелёного коридора (положительное отклонение от среднего значения более 10-20%), присуждено 2 балла; показателям, которые характеризовали ПРТ как «может выполнять» роль зелёного коридора (фактические значения близки к средним) – 1 балл; и характеризовавшим ПРТ как «не выполняет» роль водно-зелёного коридора (отрицательное отклонение от среднего значения более 10-20%) – 0 баллов. Максимально возможная сумма баллов в итоге 10. Так, считалось, что ПРТ, набравшие 8-10 баллов, условно выполняют роль водно-зелёного коридора в городе; 5-7 – потенциально могут её выполнять; и 0-4 – практически не выполняют.

### ***Выводы***

1. *Выделение ПРТ.* Анализ различных типов общедоступных геопространственных данных и инструментов геоинформационного моделирования, а также обеспеченности тематическими данными по исследуемым городам, показал, что для выделения приречных территорий наилучшие результаты дает использование топографического индекса глубины долин в сочетании с данными карты четвертичных отложений.

Применение подобного метода позволяет получить хорошие результаты на природных территориях, в застроенной же части города в качестве дополнительного индикатора целесообразно также использовать принадлежность территории к морфотипу застройки или функциональной зоне.

2. *Оценка ПРТ и их зелёной инфраструктуры.* Всего оценено три аспекта городских приречных территорий: 1) ключевая функция приречных территорий в городе; 2) вклад приречных территорий в формирование городских экосистемных услуг; 3) роль приречных территорий как водно-зелёного коридора в городе. Эти аспекты отвечают на следующие вопросы о приречных территориях в городе соответственно:

- Что из себя представляют городские ПРТ?
- Какую пользу несут ПРТ городу?
- Является ли ПРТ водно-зелёным коридором в техногенных ландшафтах, как речная долина в природных?

Для получения результатов интегральной оценки данных аспектов, было использовано 9 количественных и 4 качественных показателя для оценки четырёх компонентов (или групп): 1) состава и свойств приречных территорий; 2) зелёной инфраструктура на приречных территориях; 3) рекреационного потенциала ПРТ; 4) фрагментарности зелёной инфраструктуры ПРТ. Качественными показателями являлись: преобладающий тип функциональных зон на ПРТ; тип расположения города на реке; общая оценка результатов полевых исследований; преобладающий тип природно-культурных аттракторов на приречных территориях. Остальные показатели – количественные.

## ГЛАВА 4. СОСТАВ И ФУНКЦИИ ПРИРЕЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ

### 4.1. Расположение и конфигурация приречных территорий

Приречные территории занимают от 8% (Нижний Новгород и Ростов-на-Дону) до 22% и 25% (Самара и Хабаровск соответственно) площади городов, среднее значение площади ПРТ в указанных городах 15 % от площади городских земель (рис. 4.1)

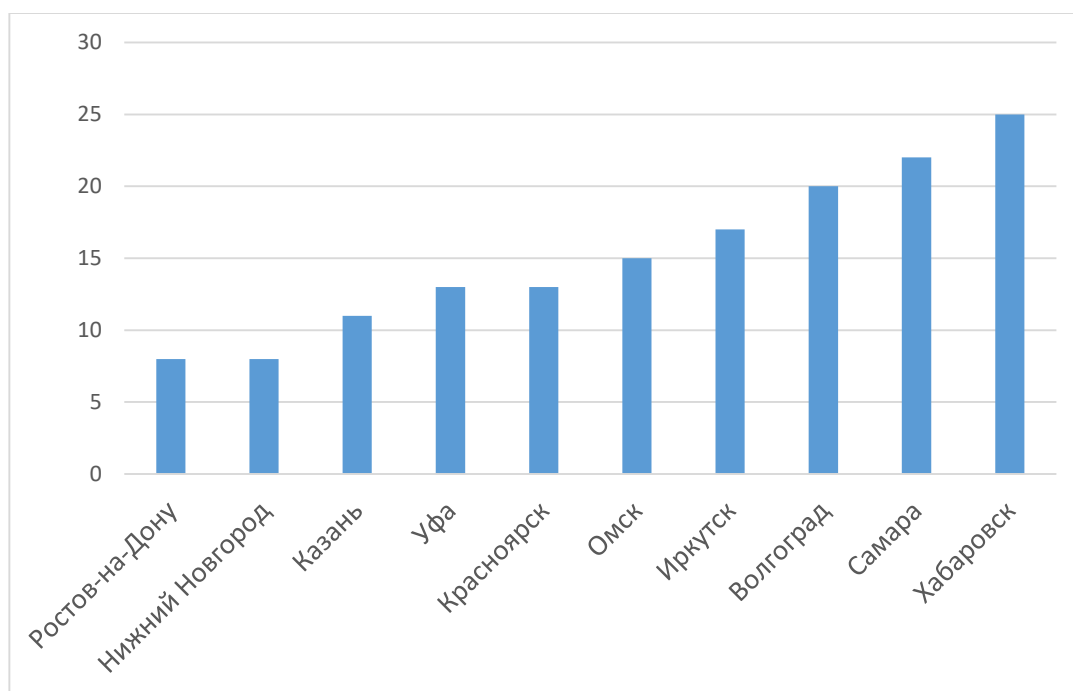


Рис. 4.1. Размер приречных территорий в разных городах (доля площади ПРТ от площади города, %).

Наибольшими абсолютными площадями ПРТ отличаются города с включёнными в их состав, но не освоенными крупными островами (Волгоград, Хабаровск). Аналогичная ситуация характерна и для самих городов – административные городские границы включают не только собственно застроенную часть города, но и прилегающие к ней озеленённые пространства, которые в случае приречных территорий являются островами, широкими незапечатанными поймами. У городов, в которых такие крупные элементы ПРТ отсутствуют, площадь ПРТ снижается до 10%.

В зависимости от расположения города относительно реки и типа зарегулированности стока (расположения города относительно водохранилища) меняется состав приречных территорий (табл. 4.1).

Таблица 4.1. Состав приречных территорий в городах исследования.

	Низкий берег		Высокий берег	
	<i>Поймы</i>	<i>Острова<sup>1</sup></i>	<i>НПТ и их склоны</i>	<i>Поймы и острова</i>
<b>Верхний бьеф</b>	-	-	Казань	Острова-останцы <sup>2</sup>
	-	-	Самара	
<b>Нижний бьеф</b>	-	Волгоград*	Волгоград	
	Ростов-на-Дону		Ростов-на-Дону	
	Иркутск		Иркутск	
	Красноярск		Красноярск	
	Нижний Новгород (Волга)		Нижний Новгород (Волга)	
<b>Свободная река</b>	Нижний Новгород (Ока)		Нижний Новгород (Ока)	
	Уфа	-	Уфа	
	Омск	-	Омск	
	-	Хабаровск*	Хабаровск	

\* - города, расположенные только на одном высоком берегу, но включающие в свои административные границы крупные острова.

В рамках работы приречные территории были определены как прилегающие к реке урочища и сочетания урочищ, занятые природно-антропогенными и техногенными комплексами (рис. 4.2). Обычно эти урочища включают в себя поймы и склоны надпойменных террас. Острова, преимущественно пойменного происхождения, так же являются частью ПРТ. На застроенных участках протяжённость ПРТ также была определена границами прилегающих к реке функциональных зон. В случае, когда приречные урочища отличаются большой протяжённостью (в частности, широкие поймы низкого берега в Нижнем Новгороде, Ростова-на-Дону, Уфе; подступающие к воде вследствие создания водохранилища обширные НПТ в Казани и Самаре), при обособлении приречных территорий

<sup>1</sup> Острова отнесены к низким берегам, потому что большинство из них являются бывшей частью поймы низкого берега. Не такие многочисленные русловые острова также являются частью ПРТ и к низкому берегу не относятся, но не выделяются в отдельную группу для лаконичности таблицы.

<sup>2</sup> Материковые острова, образованные вследствие затопления НПТ и пойм водами водохранилища, «останцы» бывших берегов.

принимали во внимание «визуальное восприятие» городского пространства, оптимальным расстоянием для которого считается 1000 м.

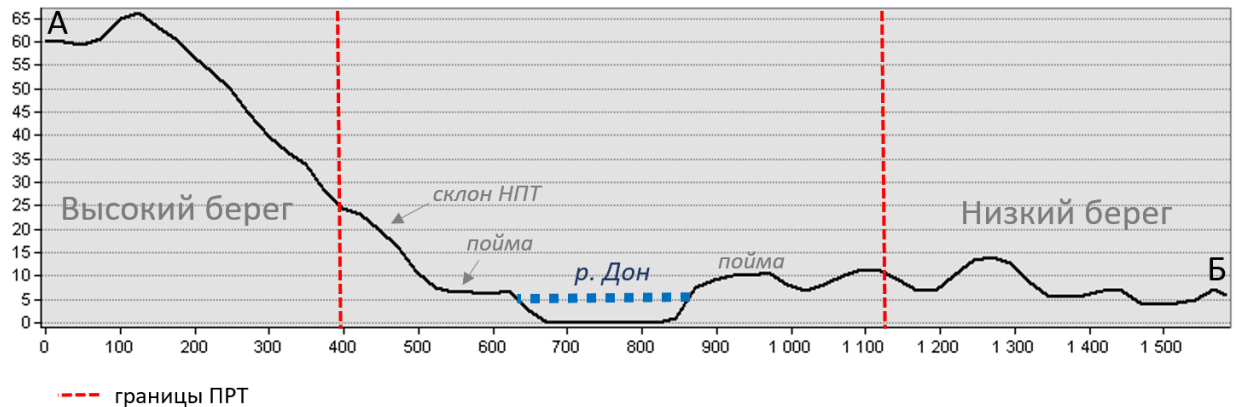
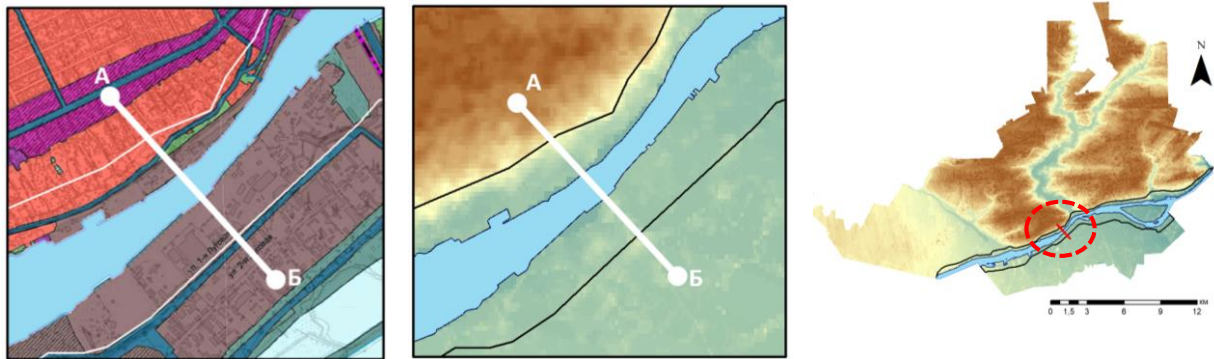


Рис. 4.2 (а). Поперечный профиль застроенной части приречной территории в Ростове-на-Дону.



Фрагмент карты функционального зонирования с линией профиля. Пример выделения ПРТ по границе функциональной зоны (низкий берег – Б)

Фрагмент раstra «глубины долин» с линией профиля. Пример выделения ПРТ по границам урочищ (высокий берег – А)

Рис. 4.2 (б). Примеры выделения ПРТ по границам прилегающих к реке функциональных зон и урочищ в Ростове-на-Дону.

Приречные территории городов с тангенциальным или эксцентричным типом расположения относительно реки (см. рис. 3.6, п. 3.3.) (Волгоград, Хабаровск, Ростов-на-Дону, Казань, Самара, частично Нижний Новгород) были выделены только на высоком берегу, поскольку низкий берег не застроен или застроен слабо и включают в себя поймы, склоны надпойменных террас и иногда сами надпойменные террасы. Склоны высоких берегов часто являются элементами зелёной инфраструктуры, поскольку остаются одними из немногих неудобных для строительства территориями внутри зоны сплошной застройки.

В городах кольцевого и диаметального типа расположения относительно реки осваиваются оба берега, причём в относительно равной степени (Нижний Новгород относительно Оки, Омск, Иркутск, Красноярск, Уфа). В случае низкого берега ПРТ включает в себя только поймы, часто укреплённые и представляющие собой набережные.

Внутри зоны сплошной застройки границы приречных территорий были определены преимущественно по прилегающим функциональным зонам. Приречные территории всех городов также включают в себя и все типы островов.

Большинство городов растёт и развивается сегодня не вдоль реки, а в сторону водораздельных поверхностей берега. Это особенно заметно на примерах Казани, Хабаровска, Самары, Омска, Ростова-на-Дону, и даже Волгограда, который является наиболее протяжённым крупным городом в России. Доля, занимаемая приречными территориями от площади города при дальнейшем росте указанных городов, будет уменьшаться, а деловой центр и «живая» часть города с наиболее населёнными районами будет постепенно удаляться от реки, что сделает приречные территории периферийными районами. Данный сценарий наименее вероятен для городов с культурно-историческими центрами на приречных территориях (Казань, Самара, Волгоград). Благодаря уникальным объектам культурного наследия ПРТ не потеряют своей ценности для города. Однако в городах с ПРТ, занятой недействующими промышленными предприятиями (Хабаровск) или с сельскохозяйственной специализацией (Самара, Ростов-на-Дону) высока вероятность ослабления культурной связи реки и города. Что с одной стороны может способствовать ухудшению состояния приречных территорий (меньше благоустроительных и поддерживающих мероприятий), а с другой – способствовать восстановлению приречных экосистем, расположенных в черте города и испытывающих отрицательное воздействие от населения (например, вытаптывание травянистого яруса, вандализм и замусоривание при стихийной рекреации).

#### **4.2. Функциональное зонирование приречных территорий**

Как было описано ранее в Главе 3, внутри зоны сплошной застройки всего выделено три функциональных типа приречных территорий по весовой доле: 1) природно-рекреационных земель; 2) жилых и деловых зон; 3) промышленных и



специальных зон (рис. 4.3 – б). Структура функционального зонирования всего ПРТ внутри административных границ (рис. 4.3. – а) относительно схожа во всех городах – абсолютное преобладание природно-рекреационных земель и незначительная доля земель промышленного и специального значения.

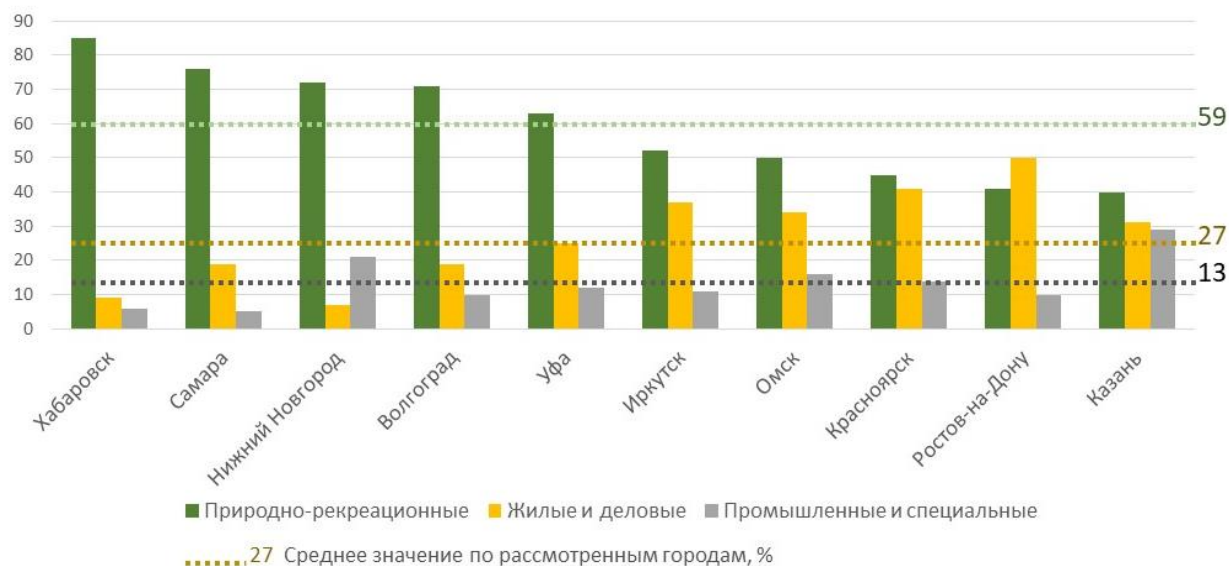


Рис. 4.3 (а). Структура функционального зонирования приречных территорий городов в административных границах (% от площади ПРТ в административных границах).

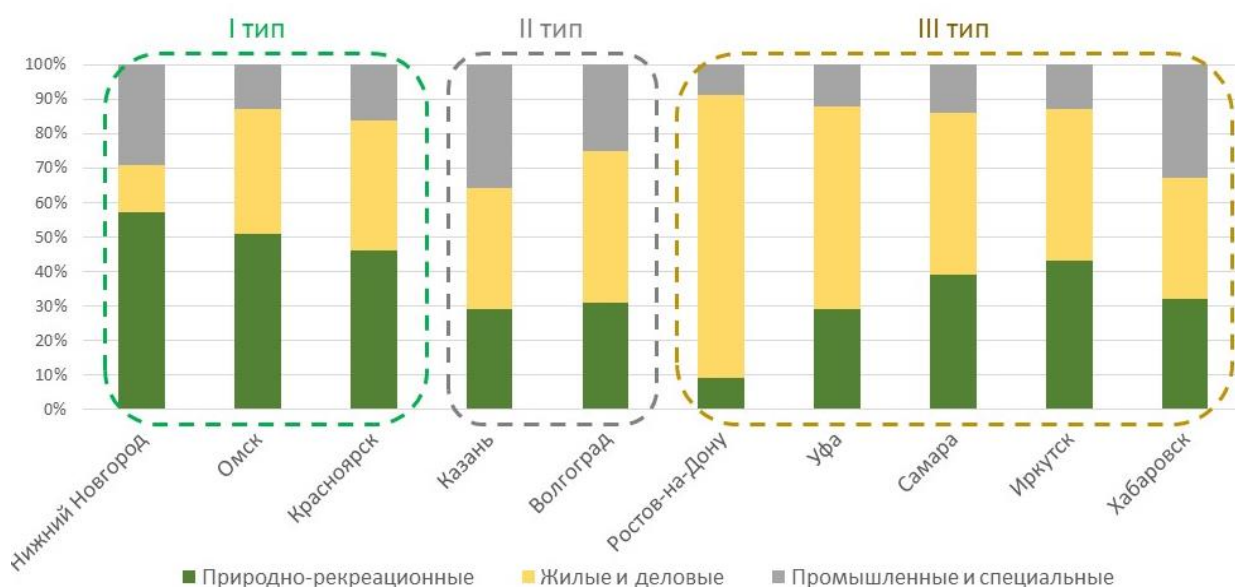


Рис. 4.3 (б). Структура функционального зонирования приречных территорий городов внутри зоны сплошной застройки (в % от площади ПРТ в границах зоны сплошной застройки) и распределение ПРТ городов по функциональным типам.

К *первому функциональному типу* были отнесены приречные территории Нижнего Новгорода, Красноярска и Омска (выделены зеленым цветом в таблице 4.2). В Красноярске и Омске доля природно-рекреационных зон от площади ПРТ внутри зоны сплошной застройки незначительно ниже 50%, но их в целом значительно больше, чем остальных функциональных зон. Природно-рекреационные земли в основном представлены крупными мало трансформированными элементами зелёной инфраструктуры вне зоны сплошной застройки и действительно являются основным рекреационным ресурсом городских приречных территорий.

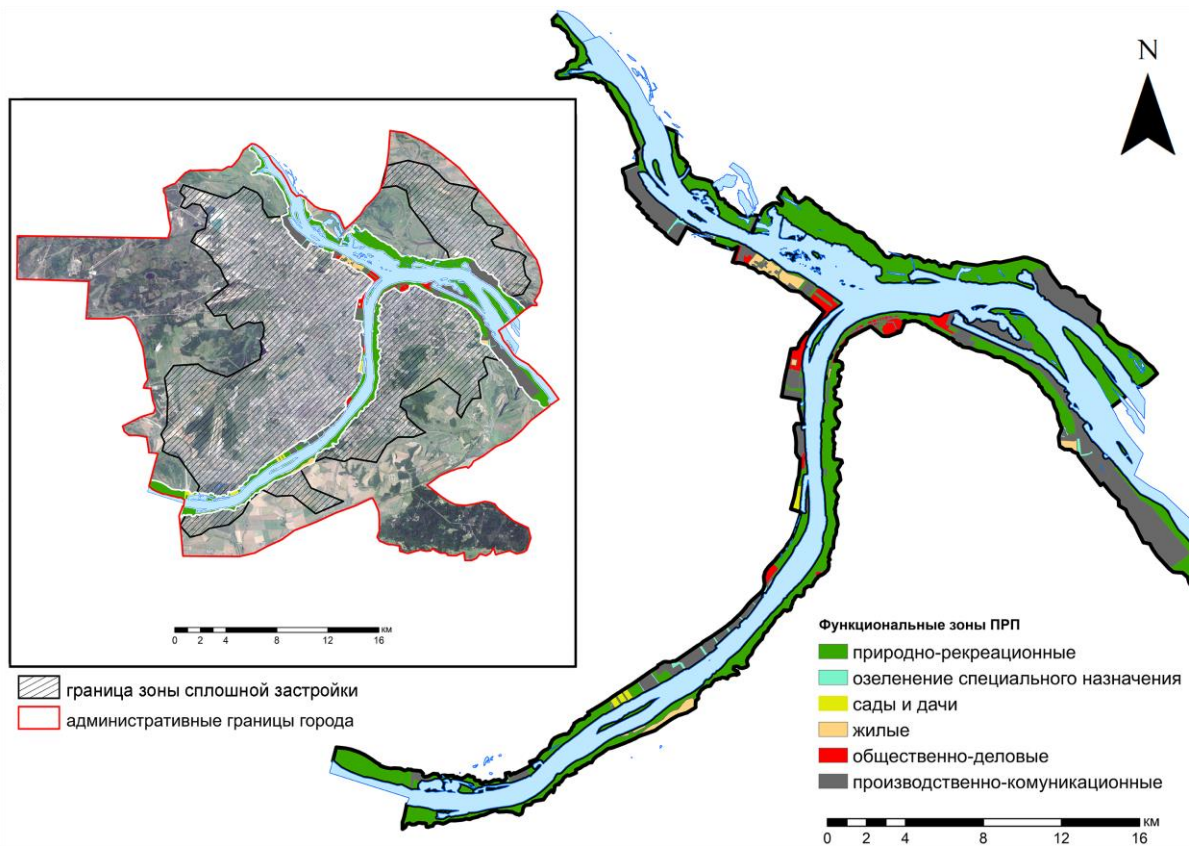


Рис. 4.4. Функциональное зонирование ПРТ Нижнего Новгорода<sup>3</sup>.

Также во всех городах этого функционального типа в пределах зоны сплошной застройки имеются протяжённые озеленённые набережные и склоны, достаточно крупные парки, хотя большая часть зелёной инфраструктуры (в Нижнем Новгороде – рис. 4.4, и Красноярске – рис. 4.5, около 30 % от всей площади зелёной инфраструктуры ПРТ) всё же приурочена к мало трансформированным островам

<sup>3</sup> Для схем функционального зонирования на рисунках 4.4-4.12 была применена легенда, изображённая на рис. 4.4.

или поймам вне зоны сплошной застройки. Примечательно, что набережные этих городов не только в целом озеленены больше, чем в большинстве остальных городов, но и имеют более протяжённую парковую зону.

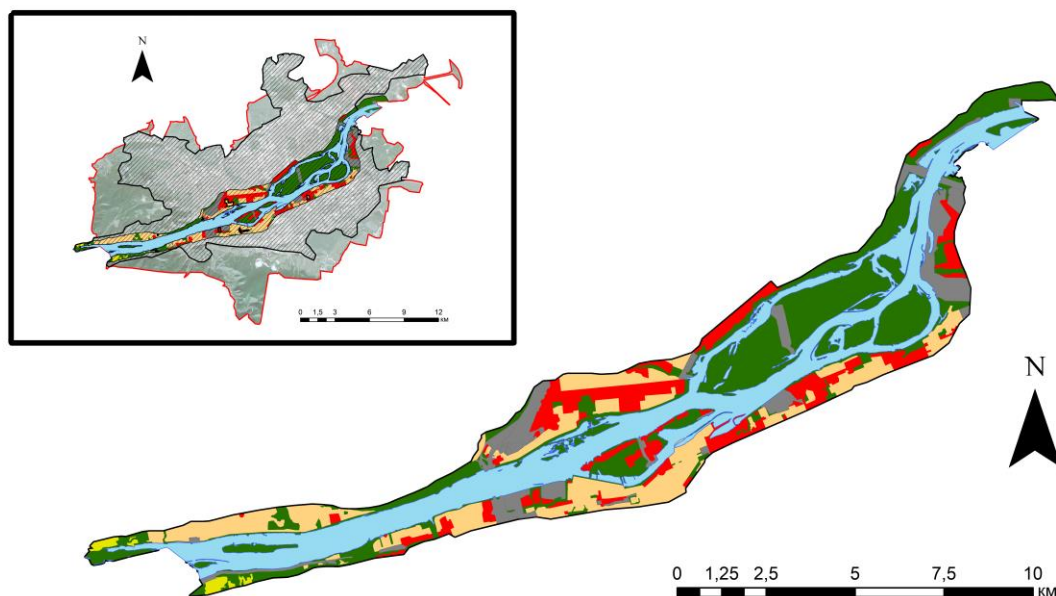


Рис. 4.5. Функциональное зонирование ПРТ Красноярска.

На приречных территориях Омска (рис. 4.6) велика доля земель, занятая дачными участками и садами, а также здесь наибольшие среди рассмотренных городов площади сельскохозяйственных угодий в пределах ПРТ. В отличие от Красноярска и Нижнего Новгорода, в Омске большая часть зелёной инфраструктуры расположена внутри зоны сплошной застройки, а не является «периферийной» на островах и окраинах города. Также в городе велика доля жилых зон, поэтому вторым по площади типом зелёной инфраструктуры после природно-рекреационных пространств являются озеленённые территории городских парков и дворов.

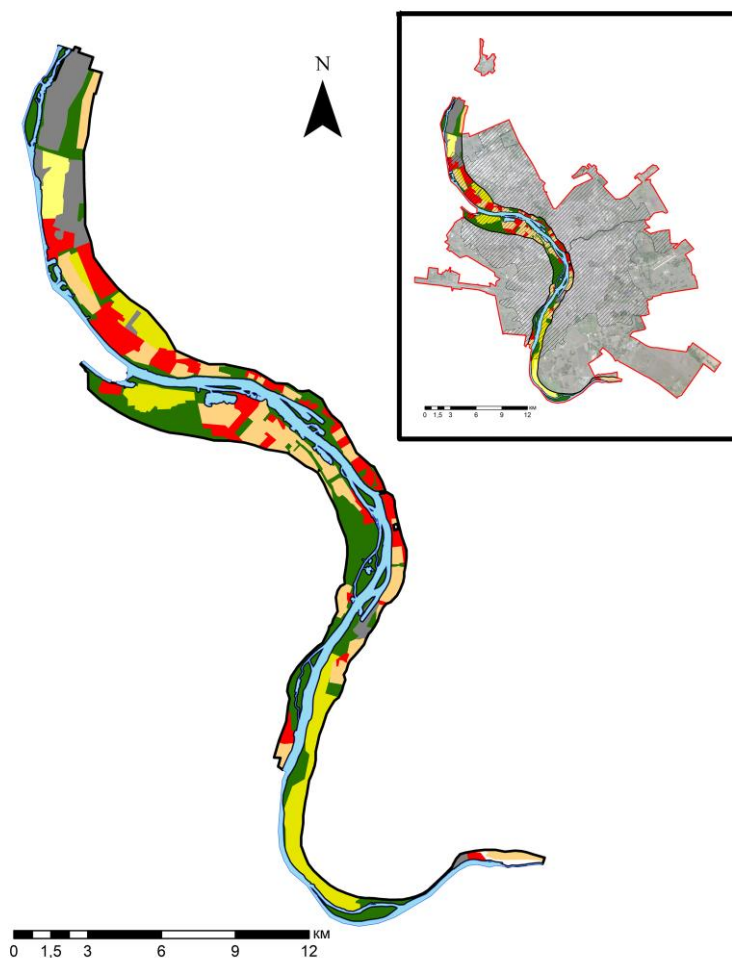


Рис. 4.6. Функциональное зонирование ПРТ Омска.

В Красноярке (рис. 4.5) также около 40% площади ПРТ занято жилыми и деловыми зонами, внутри которых располагаются элементы городского уличного и придомового озеленения, малые парки, скверы и набережные.

Нижний Новгород (рис. 4.4) напротив отличается наименьшей площадью жилых и деловых зон, поэтому большая часть приречной зелёной инфраструктуры является именно природно-рекреационными землями, а не элементами уличного и паркового озеленения.

Приречные территории этих городов более «доступны» для населения – имеется большое количество мостов, спусков и подходов как к набережной, так и к самой реке. Это характеризует так называемую степень «интегрированности» приречных территорий в город.

Ко *второму функциональному* типу были отнесены Казань и Хабаровск, где промышленных зон и зон специального назначения более 30%. Эти города также были отнесены ко второму типу за счёт значительных площадей, занятых

инфраструктурой для речного (в т.ч. речные порты), железнодорожного и автомобильного транспорта, а также складских помещений, нефтебаз, очистных сооружений и т.д. При этом доля природно-рекреационных земель в пределах ЗСЗ здесь ниже рекомендуемых 50%. Жилые и деловые зоны занимают примерно столько же площади, сколько и промышленные. Промышленные зоны в Казани расположены ближе к окраинам приречных территорий (практически вся южная часть ПРТ), тогда как в Хабаровске их расположение сильнее стянуто к центру.

Значительная часть ПРТ Хабаровска имеет ограниченный доступ и не предназначена для рекреации. В выделенные промышленные зоны включены зоны специального озеленения, которые занимают около 5% от площади приречных территорий зоны сплошной застройки. Помимо действующих промышленных и специальных зон, до 10% площади ПРТ внутри зоны сплошной застройки Хабаровска занято недействующими объектами этих функциональных типов (например, завод «Амуркабель», комбинат железобетонных изделий, заброшенные воинские части). Эти территории остаются в значительной степени запечатанными и при этом в своём виде не несут ни экономической, ни культурной ценности. Для их интеграции в городскую среду можно благоустраивать данные территории и «перепрофилировать» их в городские парковые зоны, которые могли бы стать частью городского водно-зелёного каркаса.

Между тем, в Хабаровске (рис. 4.7) деловые зоны также занимают немалую долю в зоне сплошной застройки – 35%, поэтому можно считать, что ПРТ в городе преимущественно выполняют деловую и хозяйственную роль. Внутри деловой зоны имеются небольшие городские парковые зоны для ежедневной рекреации.

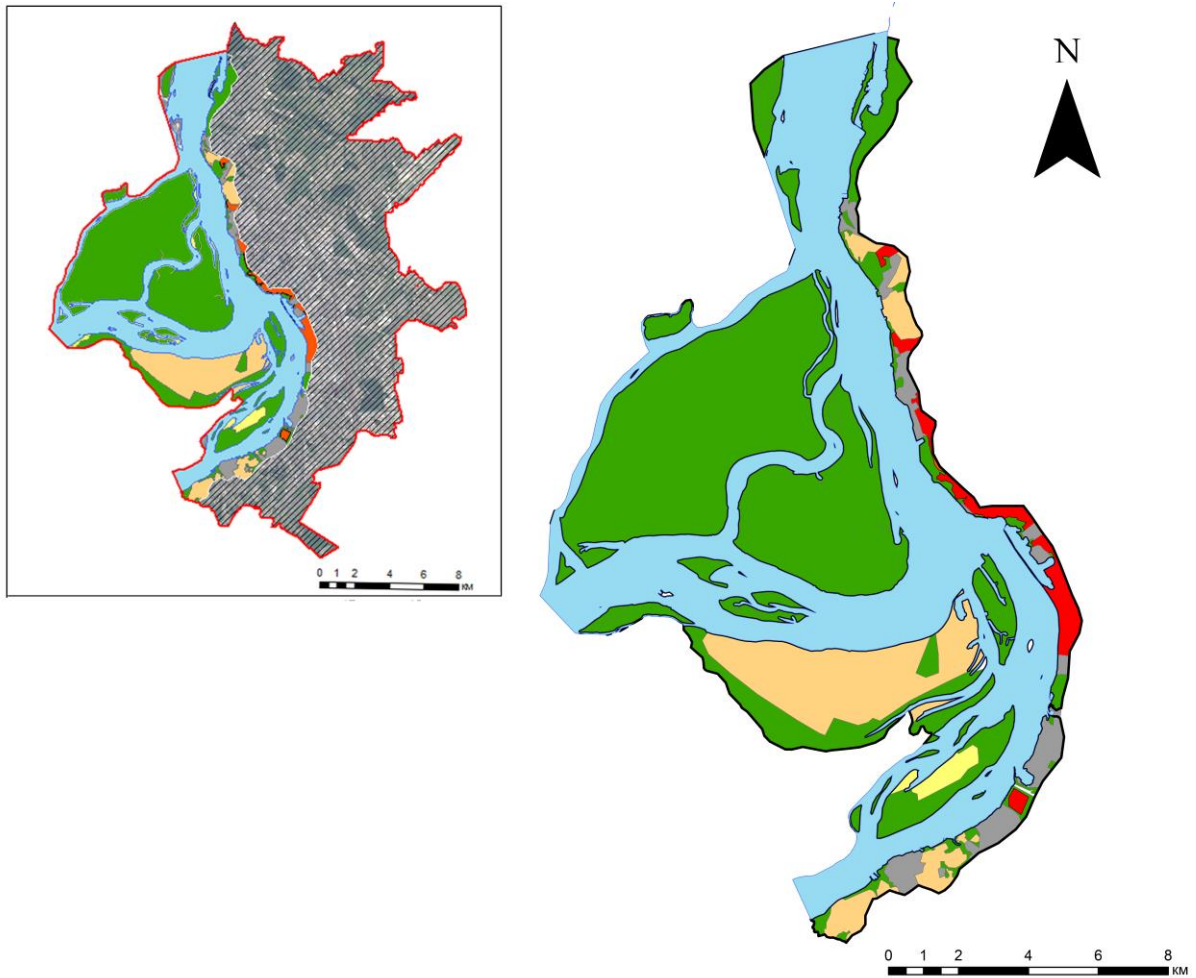


Рис. 4.7. Функциональное зонирование ПРТ Хабаровска.

В Казани, несмотря на высокую долю земель специального и промышленного назначения, северная часть приречных территорий (северней реки Казанка) занята как природно-рекреационными землями, так и дачными участками, занимающими около 10% площади всей ПРТ города (рис. 4.8). Но в целом, приречные территории главной реки в Казани скорее выполняют хозяйственную роль, нежели рекреационную, экологическую или культурную. Эколого-культурная функция больше приходится на приречные территории второй крупной реки города – Казанки.



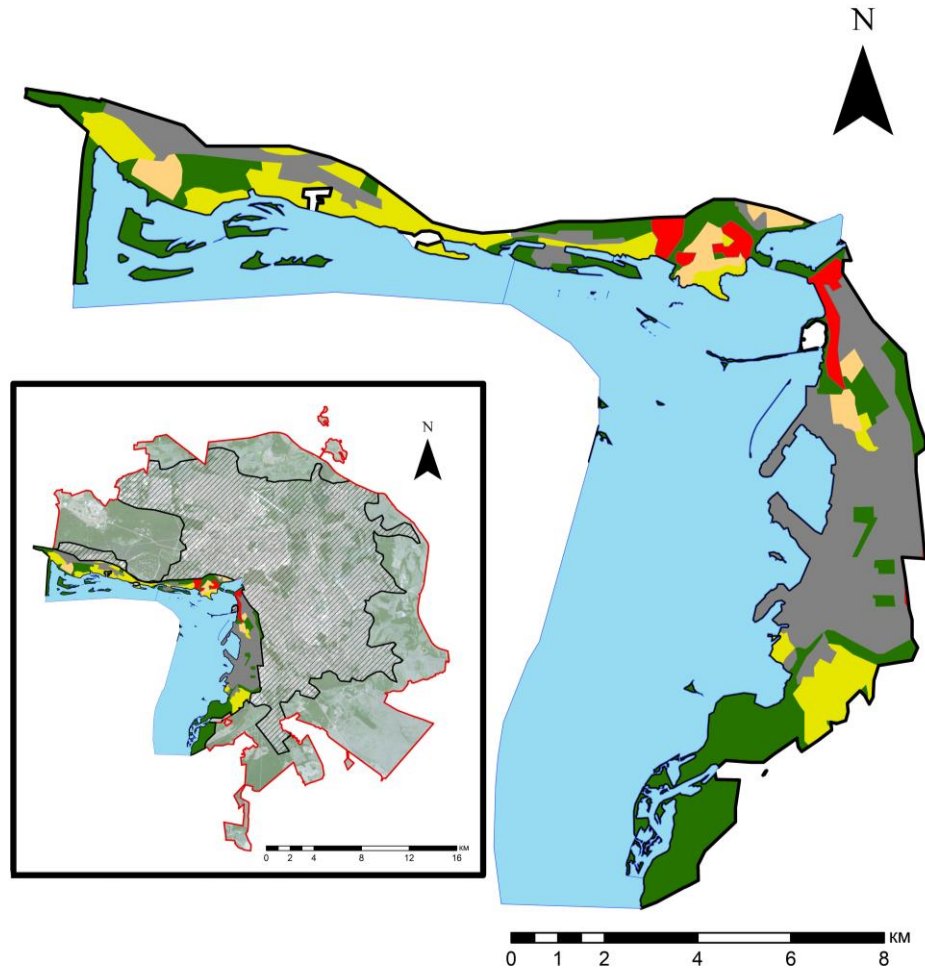


Рис. 4.8. Функциональное зонирование ПРТ Казани.

Приречные территории остальных объектов исследования – Иркутска, Ростова-на-Дону, Самары, Волгограда, Уфы (рис. 4.9 – 4.13) – были отнесены к *третьему функциональному типу*, с преобладанием жилых и деловых функциональных зон в пределах ЗСЗ (более 40%). Обычно преобладание указанных зон характерно для городов, располагающихся на обоих берегах реки.

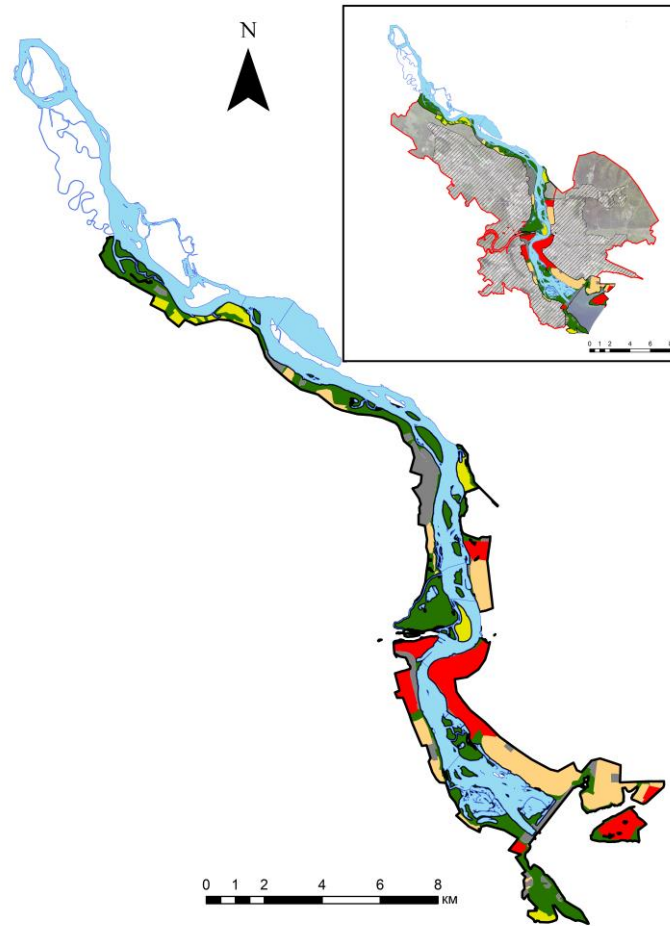


Рис. 4.9. Функциональное зонирование ПРТ Иркутска.

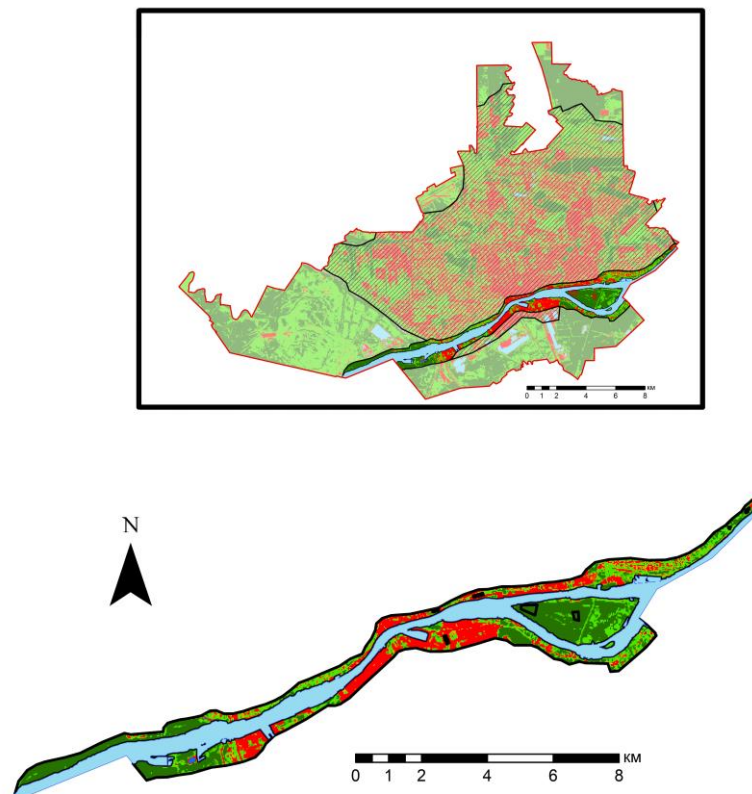


Рис. 4.10. Функциональное зонирование ПРТ Ростова-на-Дону.



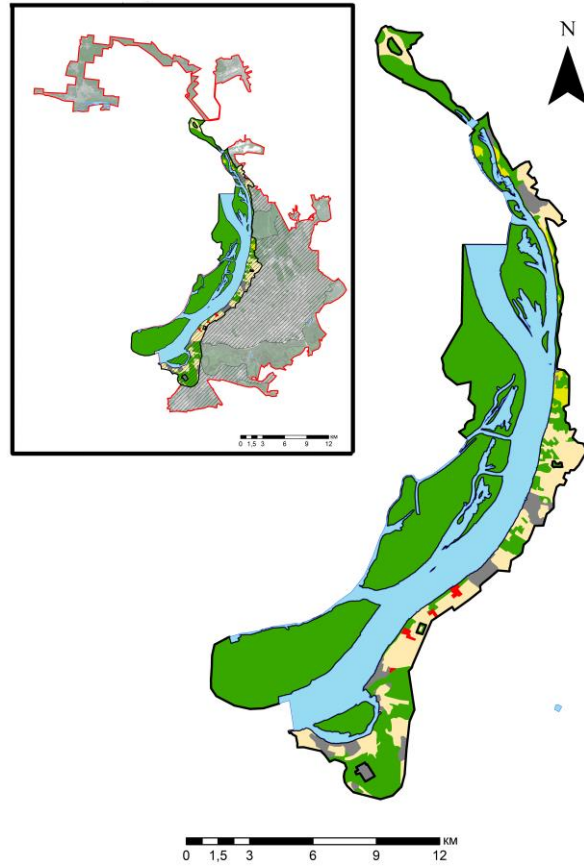


Рис. 4.11. Функциональное зонирование ПРТ Самары.

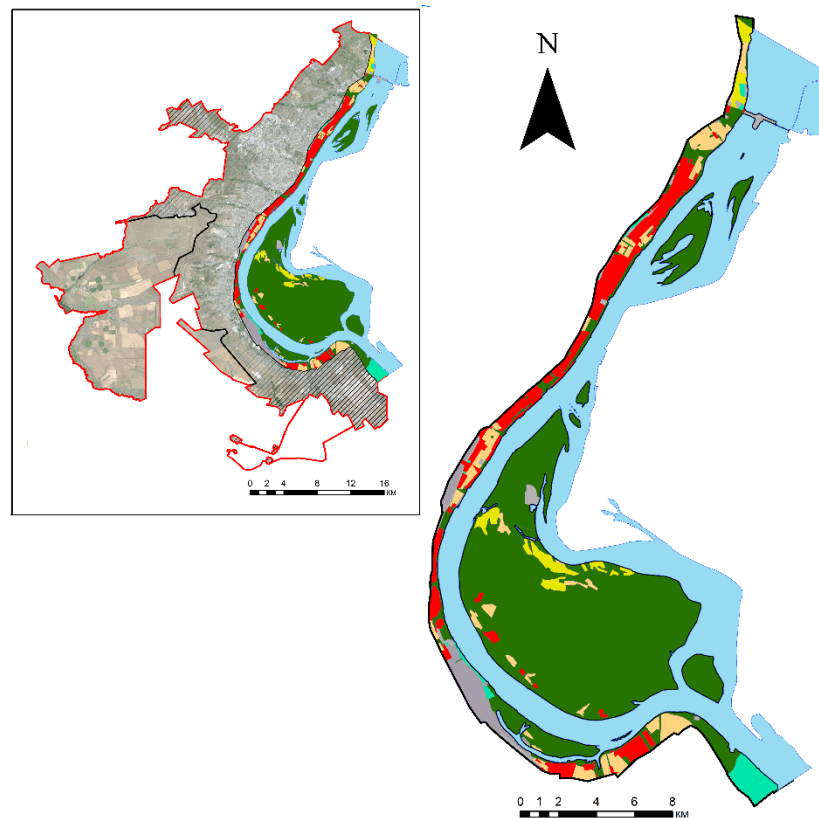


Рис. 4.12. Функциональное зонирование ПРТ Волгограда.

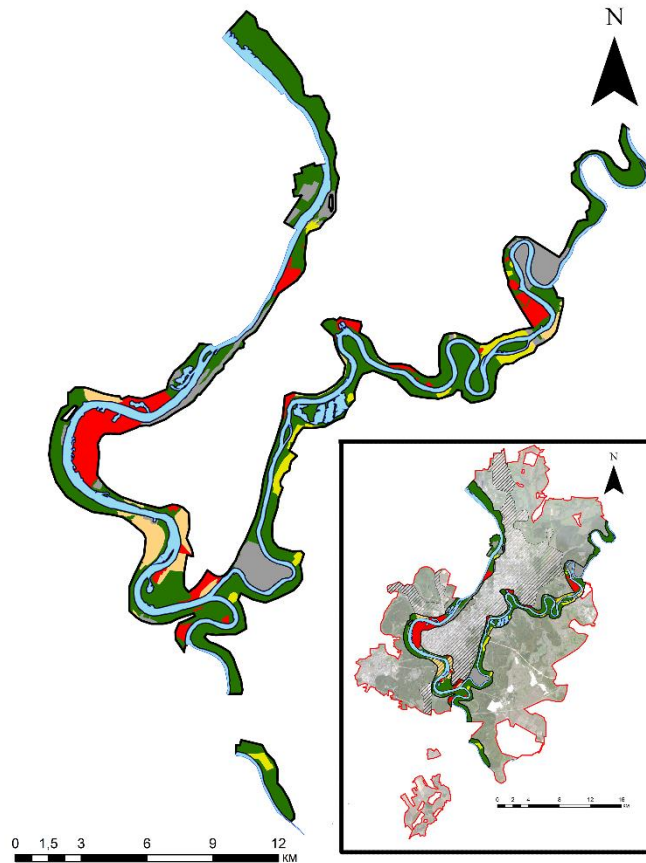


Рис. 4.13. Функциональное зонирование ПРТ Уфы.

Доля земель под природно-рекреационными землями здесь около 30-40% (за исключением Ростова-на-Дону, где этот показатель около 10%). Деловые зоны включают спортивные и прочие искусственные объекты, предназначенные для рекреации и отдыха и населения, поэтому высокая доля в структуре ПРТ этих функциональных зон не означает отсутствие рекреационных зон.

Поскольку жилая и деловая зоны занимают в этих городах преобладающие площади внутри зоны сплошной застройки, зелёная инфраструктура во многом представлена именно уличным и дворовым озеленением, а также городскими парками и скверами.

В целом, в городах этого типа зелёная инфраструктура ПРТ не формирует полноценных водно-зелёных коридоров (или может формировать более мелкие коридоры по малым зелёным элементам – по элементам уличного озеленения, набережным и скверам), зато сами приречные территории больше заселены и интегрированы в жизнь города, т.е. это не отстранённые от городской социальной

среды пространства, а её «живая» часть. В отличие от ПРТ двух других функциональных типов, на приречных территориях с преобладанием жилой и деловой застройки люди находятся постоянно, а не периодически – проживают или работают, поскольку здесь на ПРТ могут находиться важные для всего населения города общественные объекты. Это постоянное пребывание рядом с рекой закладывает в представление населения о своей окружающей городской среде реку. Таким образом, река и приречные территории ложатся в основу визуальной идентичности города и её жителей – это часто становится причиной благоустройства ПРТ как важного элемента городской среды. Приречные территории таких городов часто выполняют культурную и культурно-деловую роль. Этот функциональный тип приречных территорий наиболее распространён среди рассмотренных объектов исследования.

#### 4.3. Состав и структура приречной зелёной инфраструктуры

*Общая озеленённость приречных территорий.* Во всех рассматриваемых городах приречные территории озеленены более чем на 40% своей площади (табл. 4.2), что совпадает с градостроительными рекомендациями по озеленению – более 40-50% для жилых зон городов (DCRG, 2009; Горохов, 1991). Причём в большинстве объектов исследования доля зелёной инфраструктуры от площади ПРТ выше 60%. Примечательно, что приречные территории в целом озеленены больше, чем сами города (за исключением Красноярска и Иркутска), т.е. являются наиболее озеленёнными частями города. Более того, достаточно высокий процент от всей приречной зелёной инфраструктуры занимает именно древесная растительность – до 50% в Уфе и Красноярске.

Таблица 4.2. Площадь и состав приречной зелёной инфраструктуры в исследованных городах.

Город	Занимаемая приречными территориями площадь от площади города, %	Доля города, занятая ЗИ, %	Приречные территории, занятые ЗИ, %	Доля древесной растительности от площади ЗИ ПРТ, %
<i>Хабаровск</i>	25	40	77	25

<i>Ростов-на-Дону</i>	8	66	<b>68</b>	43
<i>Уфа</i>	13	57	<b>67</b>	53
<i>Омск</i>	15	57	<b>67</b>	16
<i>Волгоград</i>	20	29	<b>60</b>	25
<i>Самара</i>	22	50	<b>62</b>	42
<i>Красноярск</i>	13	63	<b>60</b>	54
<i>Нижний Новгород</i>	8	48	<b>56</b>	48
<i>Иркутск</i>	17	56	<b>42</b>	33
<i>Казань</i>	11	34	<b>42</b>	40

Однако, данные показатели по степени озеленения ПРТ и городов приведены для административных городских границ, которые на приречных территориях включают в себя обширные озеленённые территории малотрансформированных островов, пойм и склонов вне зоны сплошной застройки. Так, почти половина всей городской зелёной инфраструктуры Хабаровска и Волгограда сосредоточена на ПРТ, и в большей степени на островах Красный, Большой Уссурийский, Сазаний (в Хабаровске) и острове Сарпинский (в Волгограде) (рис. 4.14). На таких пространствах сохраняются зелёные площади, ценные с точки зрения средообразующих и средоподдерживающих экосистемных услуг. Однако, находясь вне зоны сплошной застройки и будучи удалённой от населения, такая зелёная инфраструктура выполняет меньше немедленных и повседневных услуг для горожан.

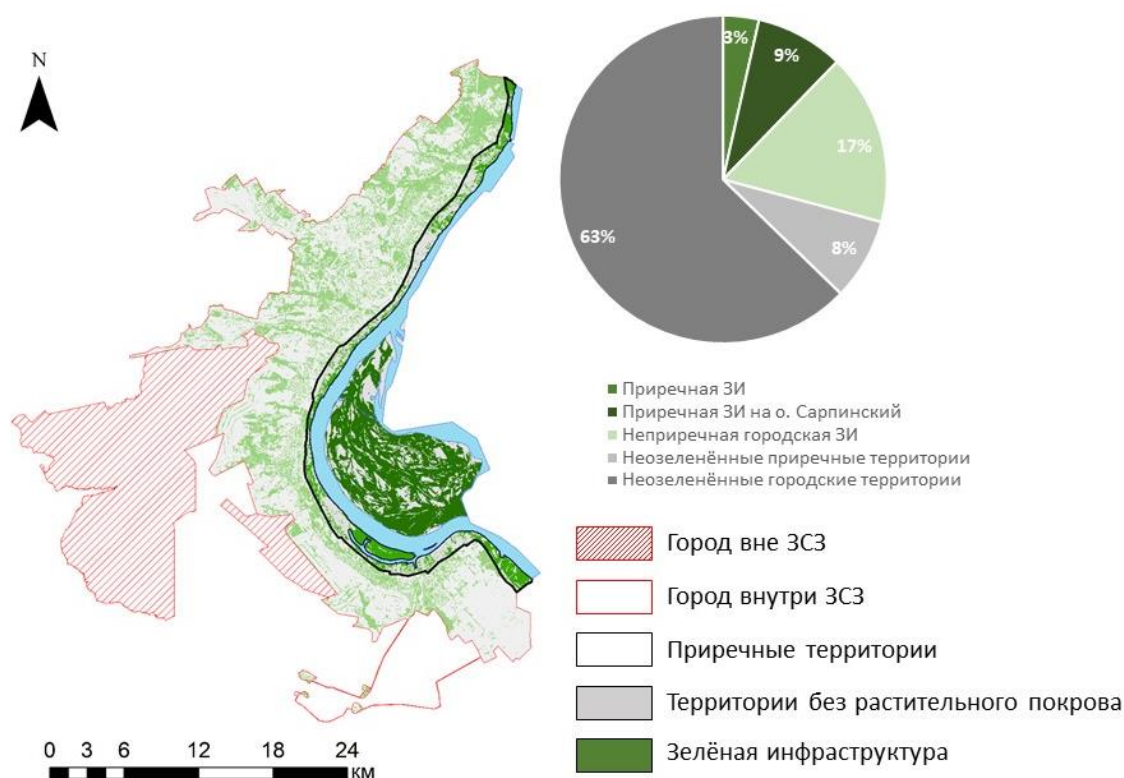


Рис. 4.14. Распределение зелёной инфраструктуры в городе и на приречных территориях на примере г. Волгоград.

Доля зелёной инфраструктуры в пределах зоны сплошной застройки (табл. 4.3) показывает озеленённость непосредственно «живой» части города, которая в наибольшей степени приближена к горожанам и наиболее интегрирована в жизнь населения. В свою очередь, ПРТ внутри зоны сплошной застройки являются пространством максимального контакта с населением по сравнению с остальной малонаселённой и слабо застроенной частью приречных территорий, которые хоть и являются важным экологическим коридором и местообитанием, но выполняют меньше социально-ориентированных функций (формирование мест для ежедневной рекреации, объекты снижения нагрузки на визуальную среду, регулирование микроклимата, шумового и светового загрязнения) в силу своей удалённости от населения.

Таблица 4.3. Площадь и состав приречной зелёной инфраструктуры внутри зоны сплошной застройки в исследованных городах.

Город	Занимаемая приречными территориями доля от площади города внутри ЗСЗ, %	Приречные территории, занятые ЗИ внутри ЗСЗ, %	Доля древесной растительности от площади ЗИ приречных

			<b>территорий внутри ЗСЗ, %</b>
<i>Омск</i>	19	<b>68</b>	9
<i>Красноярск</i>	21	<b>62</b>	55
<i>Иркутск</i>	22	<b>54</b>	15
<i>Уфа</i>	11	<b>50</b>	40
<i>Нижний Новгород</i>	10	<b>47</b>	40
<i>Самара</i>	17	<b>47</b>	26
<i>Волгоград</i>	13	<b>45</b>	29
<i>Ростов-на-Дону</i>	5	<b>36</b>	25
<i>Казань</i>	19	<b>34</b>	35
<i>Хабаровск</i>	9	<b>25</b>	40

Внутри зоны сплошной застройки степень озеленения приречных территорий несколько ниже. По данным показателям приречные территории трёх городов озеленены меньше, чем рекомендуется (доля зелёной инфраструктуры ниже 40%) – в Ростове-на-Дону, Казани и Хабаровске. В данных городах высока доля промышленных и специальных зон, в целом отличающихся меньшей степенью озеленения. Также, в Хабаровске и Казани меньшая протяжённость озеленённых набережных (фактически, все они сконцентрированы в центральной части), а парки, в основном, расположены в других районах города. В отличие от других городов, на значительной части ПРТ внутри зоны сплошной застройки этих городов расположены ремонтно-эксплуатационные базы, очистные и насосные сооружения, заводы, пустыри и озеленённые территории санитарно-защитных зон.

Древесная растительность приречных зон сплошной застройки выше 25% в большинстве рассмотренных городов, что в целом свидетельствует о том, что благоустроенные элементы приречной зелёной инфраструктуры больше представлены газонами и кустарниками, нежели древесными посадками.

*Природно-культурные аттракторы ПРТ.* Городские приречные территории обладают высоким рекреационным потенциалом, поскольку они вместе с реками являются местами для занятия «уникальной» для города водной рекреацией. Более того, обширные зелёные площади вне зоны сплошной застройки привлекательны для ближайшего отдыха на природе, а на приречных территориях располагаются различные природно-культурные аттракторы. Во всех исследуемых городах степной и лесостепной зон преобладают рекреационно-оздоровительный тип аттракторов, который на ПРТ представлен преимущественно речными пляжами, детскими

лагерями и санаториями. Из-за жаркого летнего климата в этих зонах, приречные территории действительно играют особую рекреационную роль в Самаре, Омске, Ростове-на-Дону и Волгограде.

На приречных территориях Казани и Нижнего Новгорода преобладают объекты историко-культурного значения (религиозные сооружения, исторические оборонительные постройки), которые вместе с самим ПРТ ложатся в основу визуальной идентичности этих городов.

На приречных территориях Красноярска и Самары присутствуют уникальные относительно других городов исследования аттракторы геолого-геоморфологического типа (выдающиеся и с, как правило, благоустроенными на них маршрутами возвышенности, скалы, пещеры).

*Зелёная инфраструктура ПРТ внутри зоны сплошной застройки* может как отличаться «уникальными» зелёными элементами (пляжами, набережными и т.д.), так и включать в себя типичные объекты городского озеленения. Наиболее протяжённые благоустроенные пешеходные набережные вдоль главных рек были отмечены в Нижнем Новгороде, Красноярске, Иркутске и Волгограде (более 7 км). В редких случаях, ниже самой «запечатанной» набережной тянется полоса низкой поймы, на которой сохраняется пойменная растительность и селятся некоторые виды (особенно водоплавающие птицы). Такая ситуация наблюдается в Иркутске на участке набережной Гагарина и в Красноярске, где вдоль большей части центральной набережной по сохраняющимся низким поймам проложена городская экотропа (рис. 4.15). Для приречных территорий этих городов характерны «террасные» набережные – многоуровневые приречные парки с нижними тропами вдоль самой воды, средними тропами у тылового шва первой надпойменной террасы или по её склонам и верхними тропами на бровке ПНТ. В Нижнем Новгороде и Волгограде между верхним и нижним уровнями приречных парков проходят автомобильные дороги, которые разделяют единую парковую зону на «верхнюю и нижнюю» части. В случае, когда автомобильная дорога проходит самостоятельно выше приречных троп всех уровней (Красноярск, Иркутск), приречная парковая зона является более целостной и может выполнять больше как культурных, так и средообразующих услуг, поскольку в таком случае озеленённая территория больше



удалена от автомобильных трас и функциональные зоны (транспортные и природно-рекреационные) не конфликтуют между собой.



Рис. 4.15. Экотропа на поймах вдоль р. Енисея ниже Левобережной набережной в Красноярске. *Фото автора.*

Степень озеленения главных городских набережных также сильно отличается в разных городах. В некоторых случаях вся набережная или один из её уровней представляет собой запечатанные открытые пространства, но практически без элементов городского озеленения. Такая ситуация наблюдается на нижнем уровне набережных Волгограда, набережных Оки в Нижнем Новгороде (рис. 4.16 – б) и на центральной набережной Уфы, в остальных городах на главных набережных созданы газоны или скверы (рис. 4.16 – а).





Рис. 4.16 (а). «Верхний уровень» набережной Волгограда – сквер им. В.С. Хользунова. *Фото автора.*



Рис. 4.16 (б). Набережная р. Оки в Нижнем Новгороде у Метроста. *Фото автора.*

Несмотря на то, что набережные являются «лицевой» частью приречных территорий, а порой и самих городов, они вместе со своим озеленением занимают лишь небольшую долю от площади всего ПРТ.

Основная часть приречной зелёной инфраструктуры внутри зоны сплошной застройки обычно приходится на крупные парки и лесопарки, которые выходят на реку и набережные. Так, в половине исследованных городов большая часть (более 50%) приречной зелёной инфраструктуры состоит из крупных массивов, площадью более 100 га (рис. 4.17).

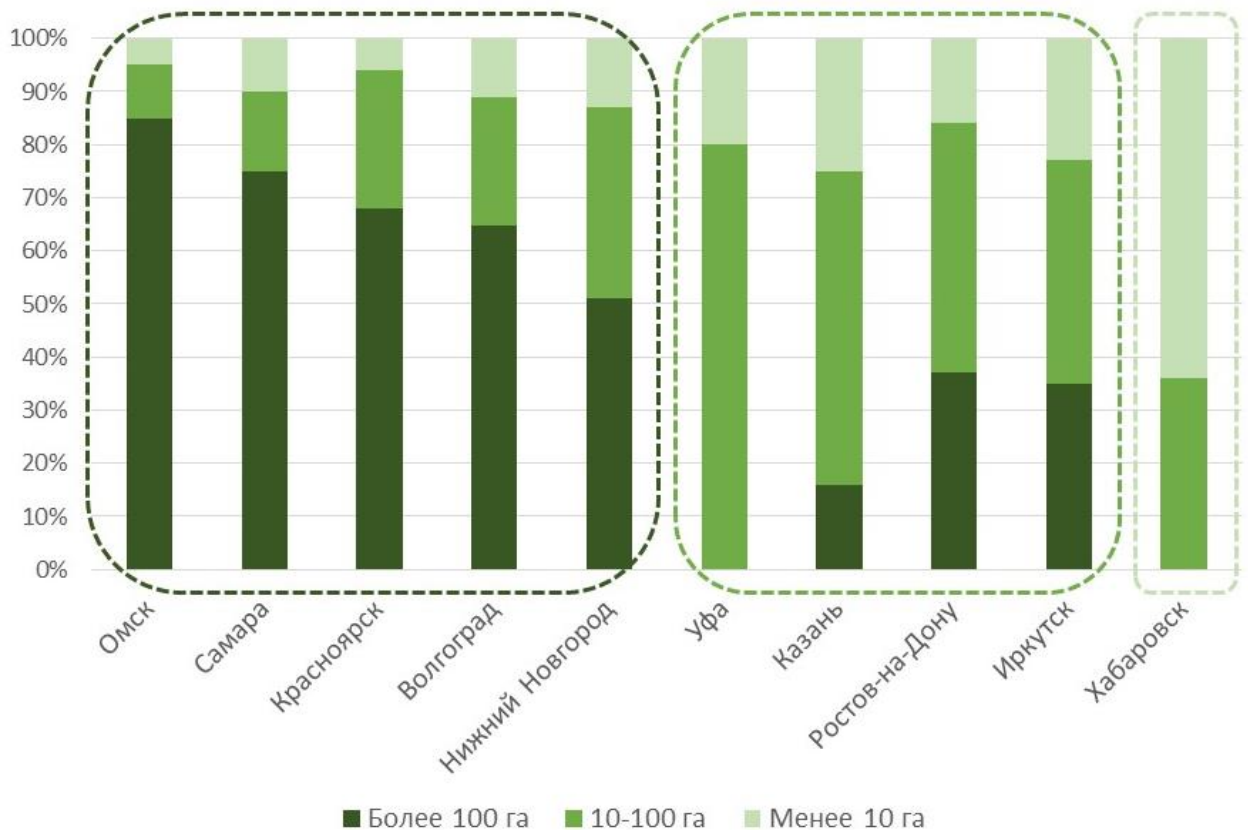


Рис. 4.17. Распределение приречной зелёной инфраструктуры внутри зоны сплошной застройки по площади зелёных элементов, %.

Крупные элементы зелёной инфраструктуры обычно отличаются большей ролью средорегулирующих функций, нежели малые элементы, в частности у них более эффективное регулирование микроклимата, поверхностного стока и развития эрозии. Также крупные элементы зелёной инфраструктуры обычно отличаются наибольшим спектром и объёмом предоставляемых экосистемных услуг. Таким образом, в Омске, Красноярске, Самаре, Волгограде и Нижнем Новгороде более

половины приречной зелёной инфраструктуры внутри зоны сплошной застройки имеет высокий потенциал к выполнению средорегулирующей функции.

Хабаровск является единственным из рассмотренных городов, на приречных территориях которого внутри зоны сплошной застройки преобладают малые объекты зелёной инфраструктуры (площадью менее 10 га), в основном представленные внутриквартальными скверами, элементами дворового и уличного озеленения. Это связано с тем, что приречные территории Хабаровска состоят более чем на 30% из жилых и деловых довольно озеленённых зон.

На приречных территориях в остальных исследованных городах преобладают зелёные элементы среднего размера, к таковым относятся ПРТ Уфы, Казани, Ростова-на-Дону и Иркутска. Эти объекты зелёной инфраструктуры в основном представлены районными парками, представляющими особую ценность для ежедневной и выходной рекреации, а также отличающиеся большей средорегулирующей ролью, нежели малые элементы. Зелёные элементы средних размеров могут выполнять роль «малых» водно-зелёных коридоров, т.е. соединять между собой более крупные объекты приречной зелёной инфраструктуры, что и можно наблюдать в Уфе и Иркутске.

*Зелёная инфраструктура ПРТ вне зоны сплошной застройки.* Практически во всех исследуемых городах значительная часть приречной зелёной инфраструктуры приходится на пригородную часть – мало трансформированные незапечатанные пространства за пределами зоны сплошной застройки. Такую зелёную инфраструктуру в пределах ПРТ можно условно разделить на три типа по их расположению относительно реки и ЗСЗ (рис. 4.18): 1) периферийный; 2) лево-/правобережный; 3) островной.

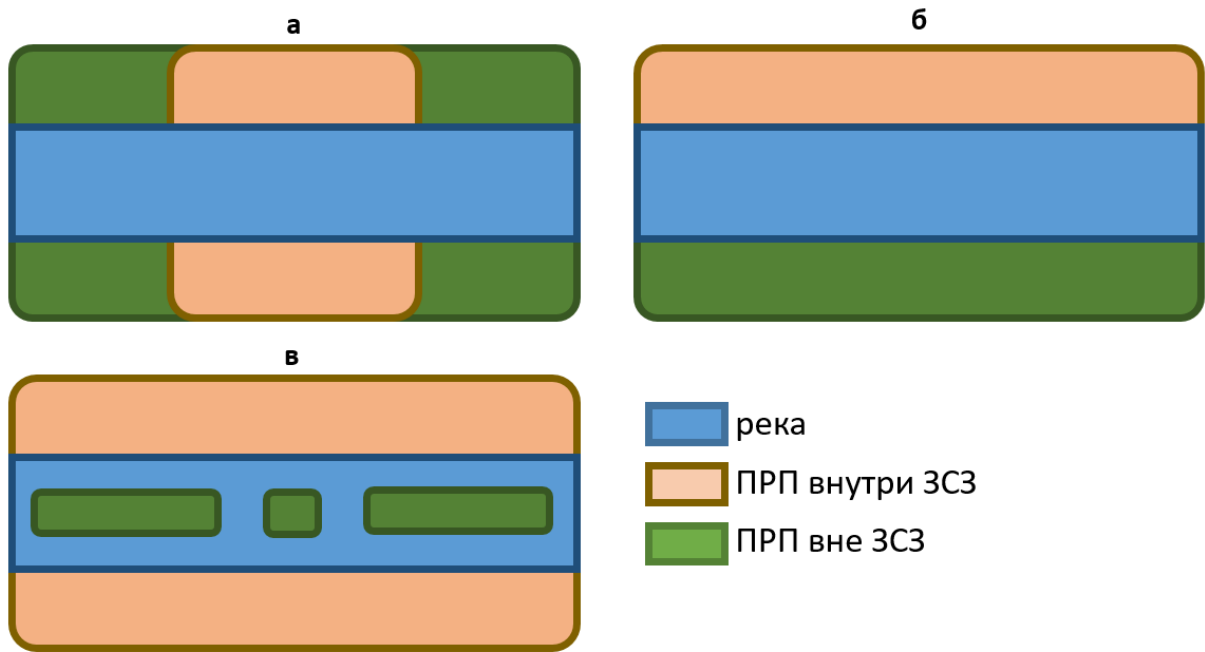


Рис. 4.18. Типы озеленённых ПРТ внутри административных границ города вне ЗСЗ: а – периферийный; б – лево-/правобережный; в – островной.

В контексте социальных функций зелёной инфраструктуры ПРТ, наиболее ценными выглядят приречные территории периферийного типа, поскольку у них наибольшая доступность по сравнению с другими типами зелёной инфраструктуры вне зоны сплошной застройки. Такая зелёная инфраструктура непосредственно граничит с зоной сплошной застройки. Как правило, на территориях под периферийной зелёной инфраструктурой имеются дороги разного типа в зависимости от заболоченности и доступности (чаще грунтовые), которые соединяют её с самой зоной сплошной застройки. Более того, такая приречная зелёная инфраструктура может являться и продолжением общего городского «зелёного пояса», играющего роль лесного буфера города. Периферийный тип приречной зелёной инфраструктуры характерен для Нижнего Новгорода, Уфы, Казани, Красноярска и Самары. Учитывая, что на ПРТ этих городов на зелёную инфраструктуру вне зоны сплошной застройки приходится более 50% (за исключением Красноярска) всех озеленённых территорий, можно считать, что более половины приречной зелёной инфраструктуры Нижнего Новгорода, Уфы, Казани и Самары выполняют роль места для выходной рекреации.

Изолированная или удалённая от зоны сплошной застройки приречная зелёная инфраструктура (островной и лево-/правобережный типы) – это поймы



низких берегов или острова, которые пригодны для рекреации, но зачастую являются труднодоступными из-за отсутствия мостов, благоустроенных дорог или регулярного паромного сообщения. Более того, такие участки ПРТ могут быть заболоченными и опасными для нахождения на них. С точки зрения культурных услуг, они могут быть менее эффективными. Однако, с другой стороны, именно эта приречная зелёная инфраструктура наиболее ценная с точки зрения сохранения приречных экосистем. Рекреантам тяжелее добираться до них (особенно на автомобильном и вездеходном транспорте), поэтому их количество, как и их воздействие на экосистему, там меньше. Такая ситуация наблюдается на островах в Волгограде, Хабаровске, Самаре, Ростове-на-Дону, Иркутске, а также на большей части левого берега Волги в Нижнем Новгороде. Такие территории иногда имеют охранный статус местного и регионального значения, однако часто неохраемые приречные озеленённые территории становятся местом стихийной рекреации.

*Основные проблемы городских приречных территорий.* В целом, для приречных территорий исследованных городов характерны следующие проблемы:

- 1) Приречная зелёная инфраструктура большинства рассмотренных городов сосредоточена на труднодоступных и удалённых элементах долины (преимущественно на островах), тогда как плотно населённая часть ПРТ мало озеленена. Более того, эти зелёные элементы часто не имеют статуса особо охраняемой природной территории, в результате чего испытывают негативное влияние от неорганизованной рекреации;
- 2) Около 10% площади приречных территорий неэффективно используются – заняты бывшими промышленными зонами, замусоренными пустырями и неблагоустроенной зелёной инфраструктурой. Такие участки встречаются не только на периферии ПРТ, но и в центральных районах. Данная проблема особенно ярко выражена в Волгограде, Нижнем Новгороде, Хабаровске, Ростове-на-Дону;
- 3) Скучное озеленение центральных набережных, близость к автомобильным дорогам и наличие нескольких участков с ветхой инфраструктурой. Данная проблема наиболее актуальна для Волгограда, Уфы, Хабаровска, Иркутска.
- 4) В большинстве городов на приречных территориях наблюдается «конфликтность» архитектурных стилей и нарушения ландшафтной долиной

композиции, т.е. застройка ПРТ начинается с высоких зданий, хотя рост этажности зданий должен расти с удалением от реки, чтобы планировка «сохраняла» форму долины (рис. 4.19). В частности, наблюдается: строительство современных зданий в кварталах исторической застройки, наличие многоэтажных зданий на набережных, обилие объектов, понижающих эстетическую ценность приречных территорий (в т.ч. рекламные вывески, многочисленные пункты общественного питания, недостроенные заброшенные здания).



Рис. 4.19. Пример нарушения ландшафтной долинной композиции, замусоренного пустыря и следов вандализма на приречных территориях Волгограда (участок ниже набережной у Царицынского парка). *Фото автора.*

***Итоговая оценка общего состояния и состава приречных территорий крупных городов.***

На основе результатов, полученных по первому оценочному блоку, можно составить «обобщенный портрет» типичной приречной территории крупного российского города:

- приречная территория занимает около 15% площади города, из которых более половины приходится на мало трансформированные земли речных островов или широких пойм низкого берега;

- город преимущественно развивается в сторону от реки и постепенно удаляется от неё, хотя деловой или исторический центр захватывает приречные территории;

- значительная часть приречных территорий внутри зоны сплошной застройки занята жилыми и деловыми зонами, на промышленные и специальные зоны приходится около 15%. На всей площади ПРТ более 50% занято природно-рекреационными землями;

- приречные территории озеленены более чем на 40%, причём около половины приречной зелёной инфраструктуры представлено древесной растительностью и сконцентрировано на неудобных для освоения участках речной долины;

- приречная зелёная инфраструктура внутри зоны сплошной застройки преимущественно состоит из крупных озеленённых объектов, площадью более 100 га;

- центральные набережные с располагающимися на них культурными аттракторами хорошо благоустроены, имеют протяжённость около 5 км, часто сопряжены с автомобильными дорогами и озеленены в основном недревесной растительностью (газонами, кустарниками);

- около 10% площади приречных территорий внутри зоны сплошной застройки заняты недействующими предприятиями, старой инфраструктурой или неблагоустроенными замусоренными пустырями;

- на приречной зелёной инфраструктуре вне зоны сплошной застройки повсеместно встречается неорганизованная рекреация;

- основной тип природно-культурных аттракторов приречных территорий – рекреационно-оздоровительный, состоящий преимущественно из пляжей;

- для центральной первой линии приречных территорий характерна конфликтность стилей и нарушения ландшафтной долинной композиции; периферийные ПРТ в застроенной части города заняты специальной, транспортной и промышленной инфраструктурой, из-за чего значительно ограничен доступ к реке,

а существующие пешеходные набережные на окраинах практически лишены зелёной инфраструктуры, находятся в обветшалом состоянии.

Данные черты характерны для большинства приречных территорий рассматриваемых городов.

Помимо общего портрета, по данным о преобладающих функциональных зонах и типах природно-культурных аттракторов, составе и структуре приречного озеленения и общей оценке полевых исследований можно назвать основную функцию приречных территорий в городах (табл. 4.4 и рис. 4.20).

По результатам итоговой оценки, у приречных территорий большинства рассмотренных городов основная функция экологическая и культурно-экологическая, благодаря большим площадям зелёной инфраструктуры. К таковым городам относятся: Нижний Новгород, Самара, Уфа, Омск, Красноярск, Иркутск. Такие приречные территории можно условно называть «экологическим пулом». Казань является единственным из исследованных городов с основной культурной функцией приречных территорий. Также, в Ростове-на-Дону определяется культурно-деловая функция, т.е. приречные территории играют в основном хозяйственную и социальную роль в городе. Таким образом, преобладающая функция ПРТ Казани и Ростова-на-Дону – культурно-деловая. Наконец, только в Хабаровске у ПРТ отмечается деловая функция из-за невысокой степени озеленения внутри зоны сплошной застройки, значительных площадей под промышленными и специальными функциональными зонами, и небольшого количества природно-культурных аттракторов на приречных территориях. Такие приречные территории условно считаются «деловой и промышленной» зоной города.



Таблица 4.4. Интегральная оценка ключевой функции приречных территорий в крупных городах.

Город	Преобладающий тип функциональной зоны на ПРТ внутри ЗСЗ	Преобладающий размер элементов ЗИ внутри ЗСЗ	Озеленённость ПРТ внутри ЗСЗ, %	Приречные древесные насаждения в озеленении города, %	Роль ПРТ в центре города	Преобладающий тип ПКА	Ключевая функция ПРТ
<i>Казань</i>	Промышленный	Средний	34	40	Основа визуальной идентичности города	Культурный	<b>Культурная</b>
<i>Нижний Новгород</i>	Природно-рекреационный	Крупный	48	50	Основа визуальной идентичности города	Культурный	<b>Культурно-экологическая</b>
<i>Самара</i>	Жилой и деловой	Крупный	47	42	Основа визуальной идентичности города	Рекреационно-оздоровительный	<b>Культурная</b>
<i>Уфа</i>	Жилой и деловой	Средний	50	53	Общедоступное открытое пространство	Рекреационно-оздоровительный	<b>Культурно-экологическая</b>
<i>Ростов-на-Дону</i>	Жилой и деловой	Средний	37	43	Общедоступное открытое пространство	Рекреационно-оздоровительный	<b>Культурно-деловая</b>
<i>Омск</i>	Природно-рекреационный	Крупный	68	16	Общедоступное открытое пространство	Флористический	<b>Экологическая</b>
<i>Красноярск</i>	Природно-рекреационный	Крупный	62	54	Основа визуальной идентичности города	Рекреационно-оздоровительный	<b>Экологическая</b>
<i>Волгоград</i>	Жилой и деловой	Крупный	45	25	Общедоступное открытое пространство	Флористический	<b>Культурно-экологическая</b>
<i>Иркутск</i>	Жилой и деловой	Средний	54	33	Общедоступное открытое пространство	Флористический	<b>Культурно-экологическая</b>
<i>Хабаровск</i>	Промышленный	Малый	25	25	Многофункциональный центр	Флористический	<b>Деловая</b>
Промышленная (хозяйственная функция)	Культурная (социальная) функция	Экологическая функция					

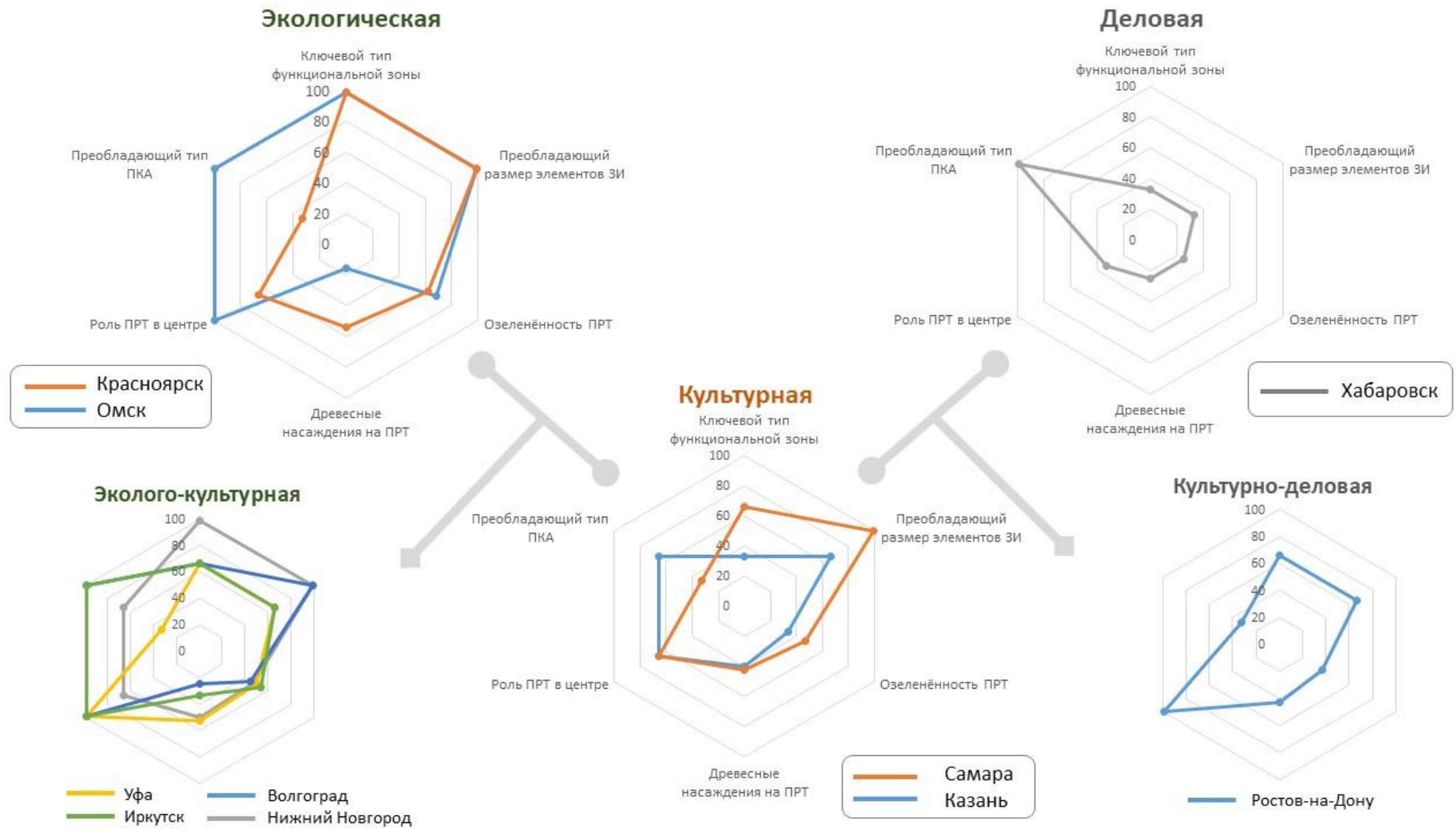


Рис. 4.20. Типы приречных территорий в городах по их ключевым функциям.

## ГЛАВА 5. ВКЛАД И РОЛЬ ПРИРЕЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА В КРУПНЫХ ГОРОДАХ

### 5.1. Вклад приречных территорий в формирование городских экосистемных услуг

*Результаты оценки вклада зелёной инфраструктуры ПРТ в состав общегородской зелёной инфраструктуры.* Расчеты показали, что на относительно небольшие по площади приречные территории приходится в среднем 21 % всей зелёной инфраструктуры города, что больше их доли от площади города (в среднем, 15%, см. главу 4). В Иркутске, Красноярске и Омске этот показатель выше 24% (рис. 5.1). В первых двух объектах исследования это во многом связано с наличием островов, включённых в зону сплошной застройки, а в Омске – крупных зелёных массивов. Значимая доля зелёной площади, способной выполнять экосистемные услуги, приурочена в этих городах именно к приречным территориям. Не будь эта территория расположена в долине реки с неудобными для освоения долинными элементами, вероятно она была бы больше застроена. Озеленённый частный сектор внутри зоны сплошной застройки, парки, зелёные пустыри и ООПТ на островах и поймах – существование этих объектов во многом связано именно с наличием реки в городе, которая, во-первых, является привлекательным местом как для малоэтажного строительства с высокой озеленённостью, так и для организации общественных открытых зелёных пространств, использующих множество экосистемных услуг, предоставляемых самой рекой; во-вторых, является местообитанием для разных видов флоры и фауны; и, в третьих, во многом ограничивает развитие города – на периодически затопляемых, заболоченных, или подмываемых и подверженным боковой эрозии территориях, или неустойчивых эрозионно-опасных склонах речной долины.

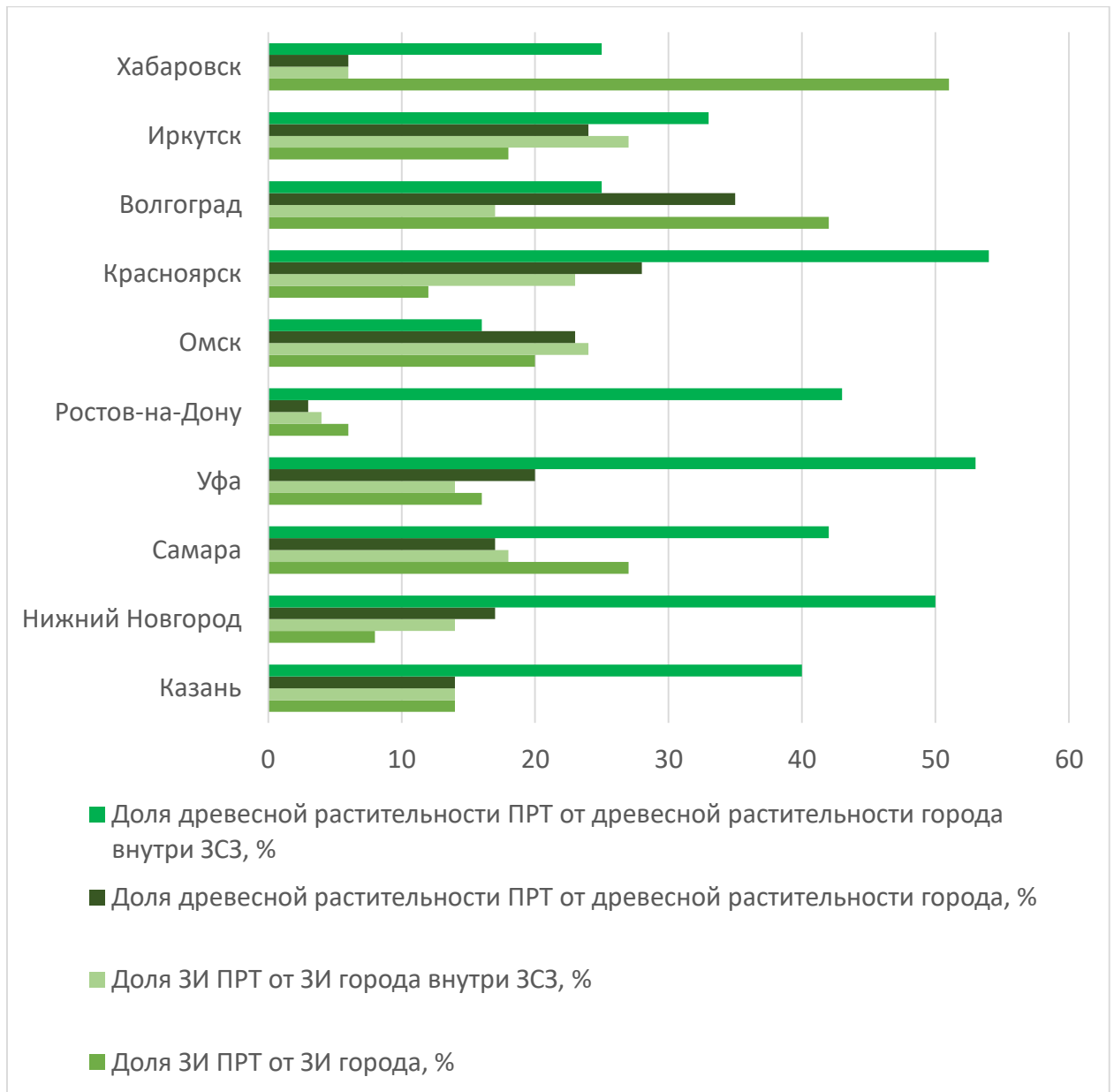


Рис. 5.1. Вклад ПРТ в состав зеленой инфраструктуры в городах исследования.

На приречных территориях в зоне сплошной застройки находится, в среднем, 38% всей древесной растительности города, что в два раза больше, чем в целом по городу. Это дополнительно свидетельствует о «периферийной» модели ЗИ рассматриваемых городов, где большую часть древесной растительности содержат городские окраины, часто удаленные от зоны сплошной застройки.

В некоторых городах, на ПРТ приходится крайне мало городской зелёной инфраструктуры (рис. 5.2). Так, в Ростове-на-Дону и Хабаровске на приречные территории внутри зоны сплошной застройки приходится меньше 10% всей зелёной инфраструктуры города, т.е. в данных городах приречные территории не играют

ключевую роль в формировании ЗИ в городе. Действительно, внутри зоны сплошной застройки Ростова-на-Дону основная площадь зелёной инфраструктуры приходится на крупные лесные массивы. Это Лелюшенковский лесопарк, Темерицкая роща, Сосновый бор, Александровская роща, парк Авиаторов и озеленённые территории Малого Зелёного Кольца на востоке города; роща СКА, озеленённые территории долины р. Темерник, Ботанический сад и Соловьинная роща на западе.

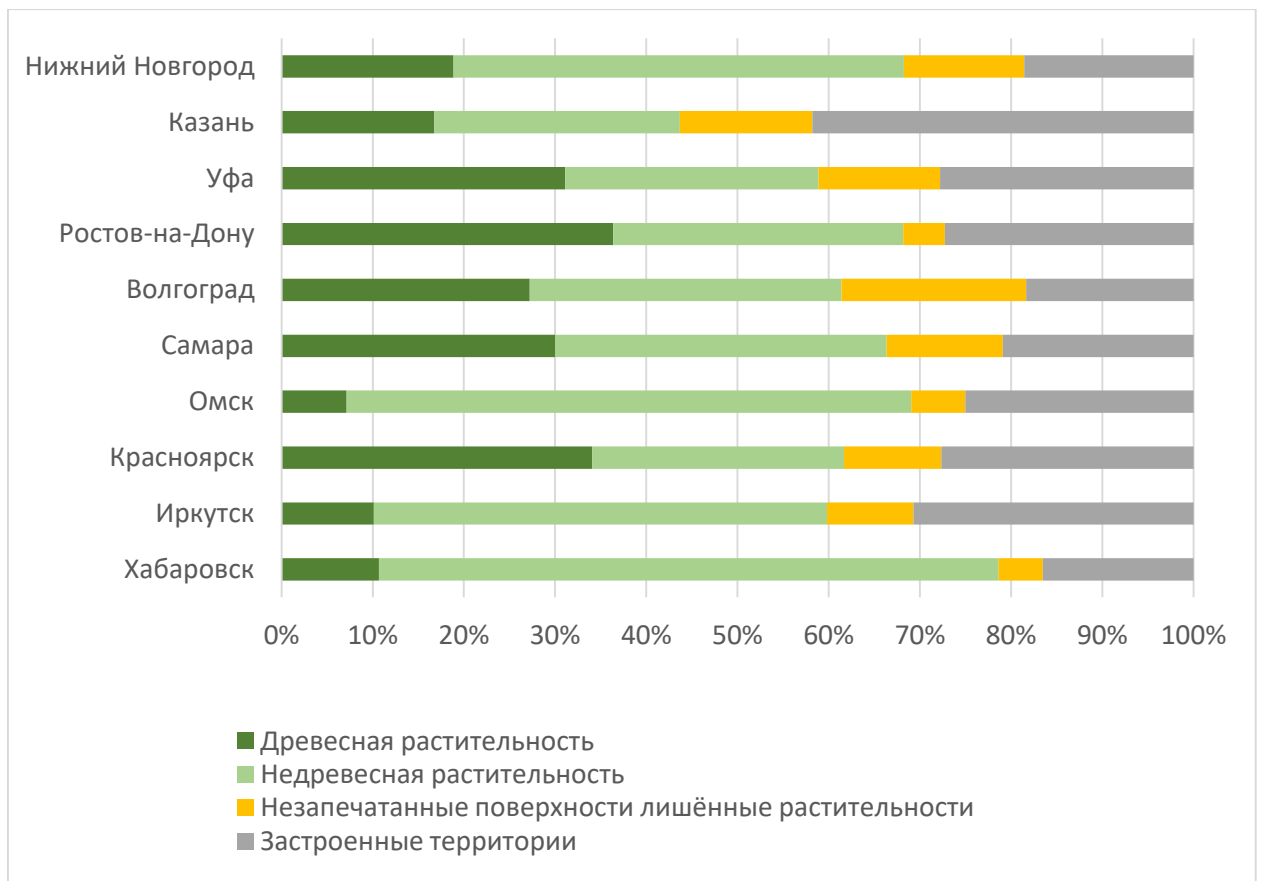


Рис. 5.2. Структура земельного покрова приречных территорий в исследованных городах (% категории земельного покрова от площади ПРТ).

Дон же оказывается на окраине ЗСЗ, причём левый берег в западной части города практически полностью занят промышленной зоной «Заречная». И хотя центральная деловая часть Ростова-на-Дону выходит на главную реку, она благоустроена и озеленена, в целом ПРТ не имеет ключевых по площади или расположению зелёных территорий. Аналогичная ситуация складывается в Хабаровске, только в зоне сплошной застройки этого города в отличие от Ростова-на-Дону значительно меньше крупных зелёных элементов и меньше общественных озеленённых пространств на самой реке, а большая часть озеленения города

приходится на малые зелёные элементы (внутриквартальное озеленение, малые скверы и парки) (рис. 5.3-5.12).

Значительная доля городской древесной растительности приходится на приречные территории в Омске, Самаре и Волгограде, т.е. в городах степной и лесостепной зон, где именно приречные ландшафты являются наиболее благоприятными для произрастания и формирования древесной растительности. В городах лесной зоны, напротив, на приречных территориях значительно меньше древесной растительности, поскольку леса не приурочены исключительно к долинным ландшафтам, как в степных городах.

Учитывать соотношение количества зелёной инфраструктуры на разных по площади приречных территориях и городских территориях позволяет индекс веса. Положительный индекс веса ПРТ выявлен в семи городах из десяти, однако наиболее значимый (более 0.3) в пяти: Нижнем Новгороде, Волгограде, Иркутске, Уфе и Омске. В этих городах на небольших по площади относительно города ПРТ сконцентрировано больше ЗИ, чем на всей остальной территории ЗСЗ. Здесь, и особенно, в Нижнем Новгороде (0.5) и Волгограде (0.4), роль ПРТ в формировании ЗИ города максимальна.

В городах со значением индекса веса ПРТ близким к 0 – в Красноярске и Самаре – роль ПРТ внутри ЗСЗ незначительна, т.е. на ПРТ сосредоточено примерно столько же ЗИ, как и в остальном городе.

Среди объектов исследования было выделено три с отрицательными значениями индекса веса ПРТ. Это Ростов-на-Дону, Казань и Хабаровск. Здесь на ПРТ сосредоточено даже меньше ЗИ, чем в остальных частях города, т.е. вклад ПРТ минимален.

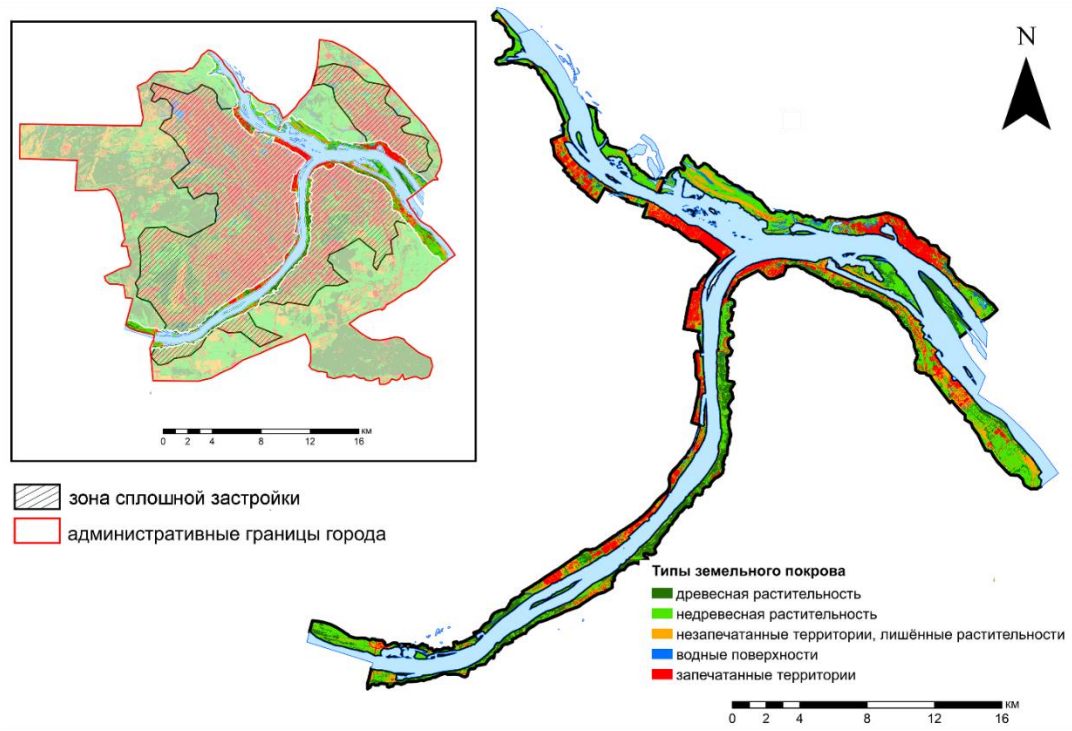


Рис. 5.3. Земельный покров приречных территорий Нижнего Новгорода<sup>4</sup>.

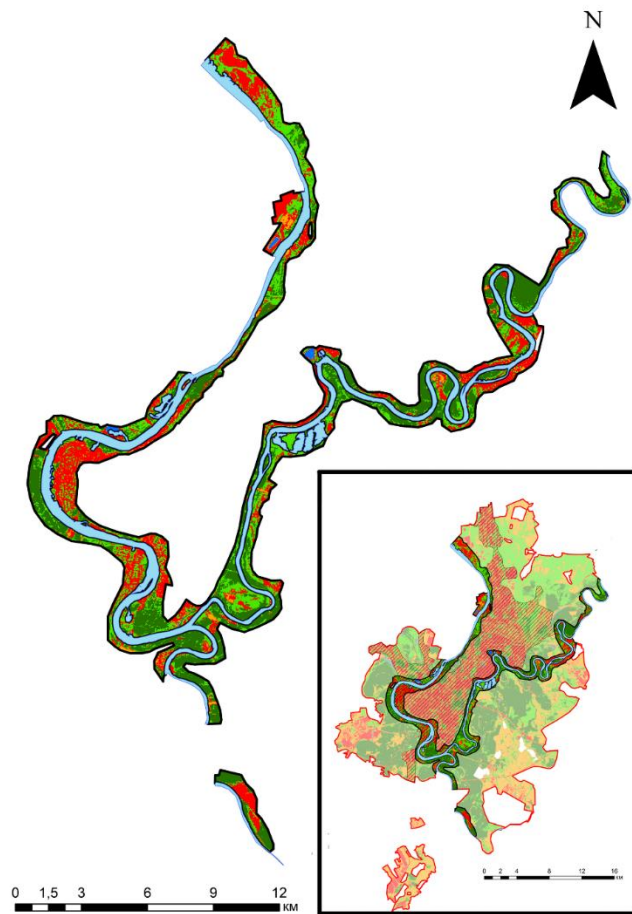


Рис. 5.4. Земельный покров приречных территорий Уфы.

<sup>4</sup> Для карт функционального зонирования на рисунках 5.3-5.12 была применена легенда, изображённая на рис. 5.3.



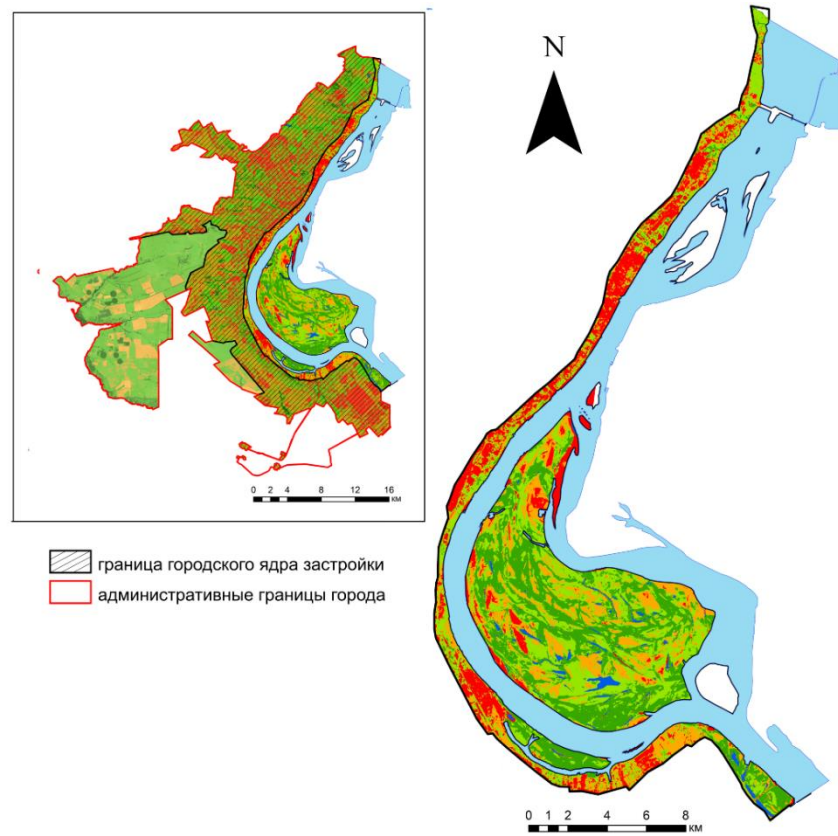


Рис. 5.5. Земельный покров приречных территорий Волгограда.

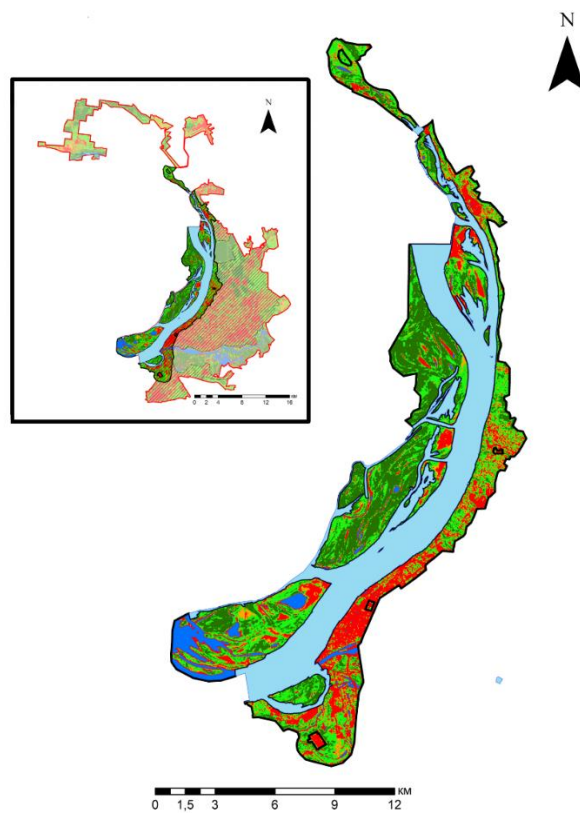


Рис. 5.6. Земельный покров приречных территорий Самары.



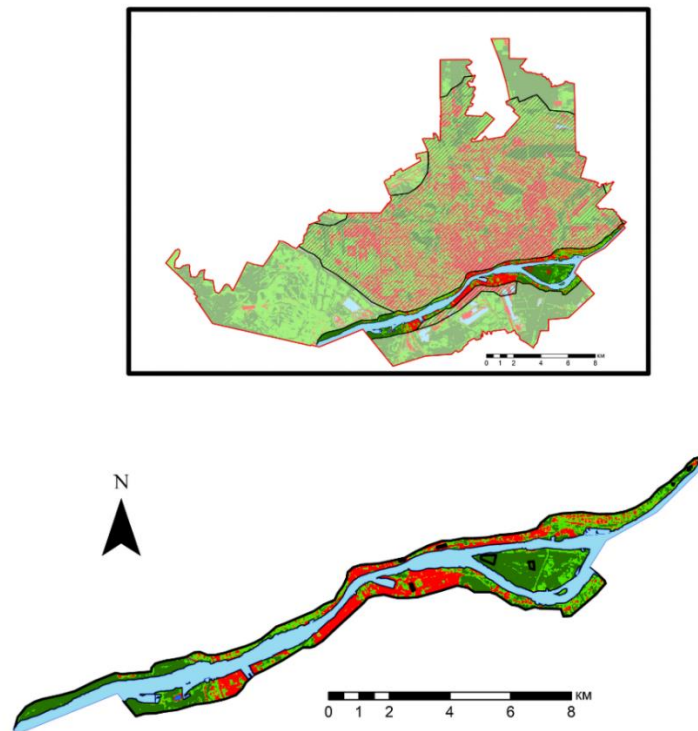


Рис. 5.7. Земельный покров приречных территорий Ростова-на-Дону.

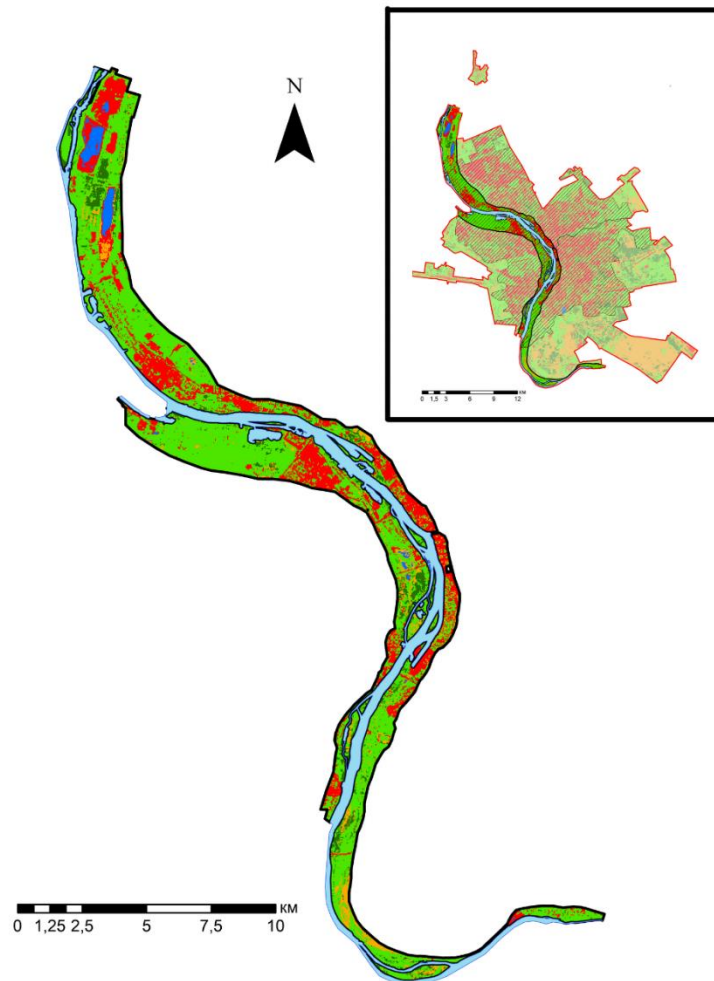


Рис. 5.8. Земельный покров приречных территорий Омска.

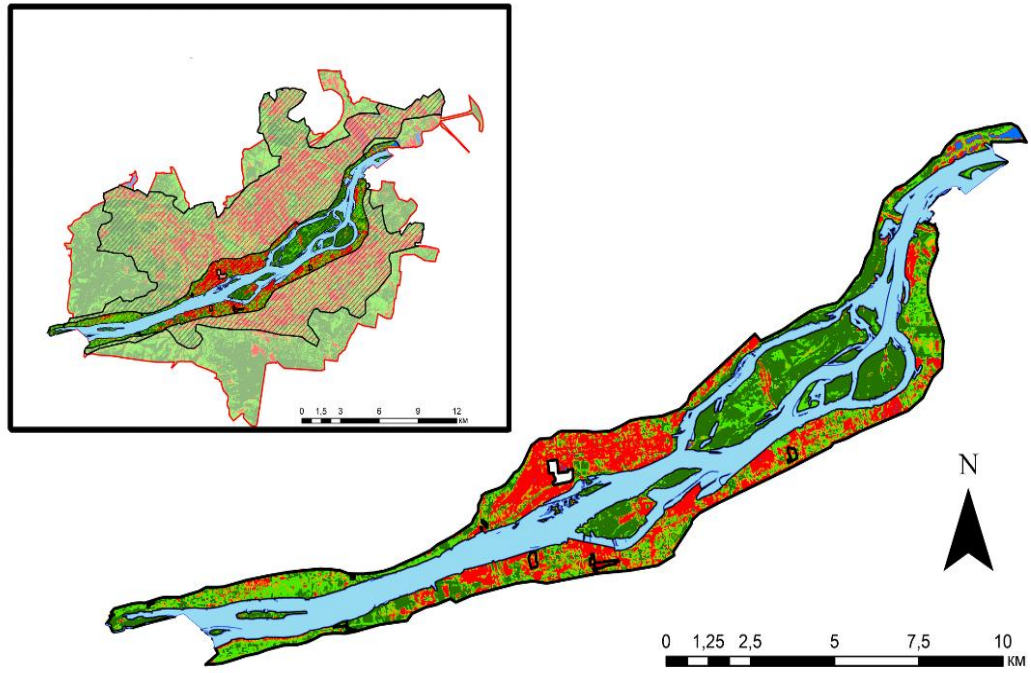


Рис. 5.9. Земельный покров приречных территорий Красноярска.

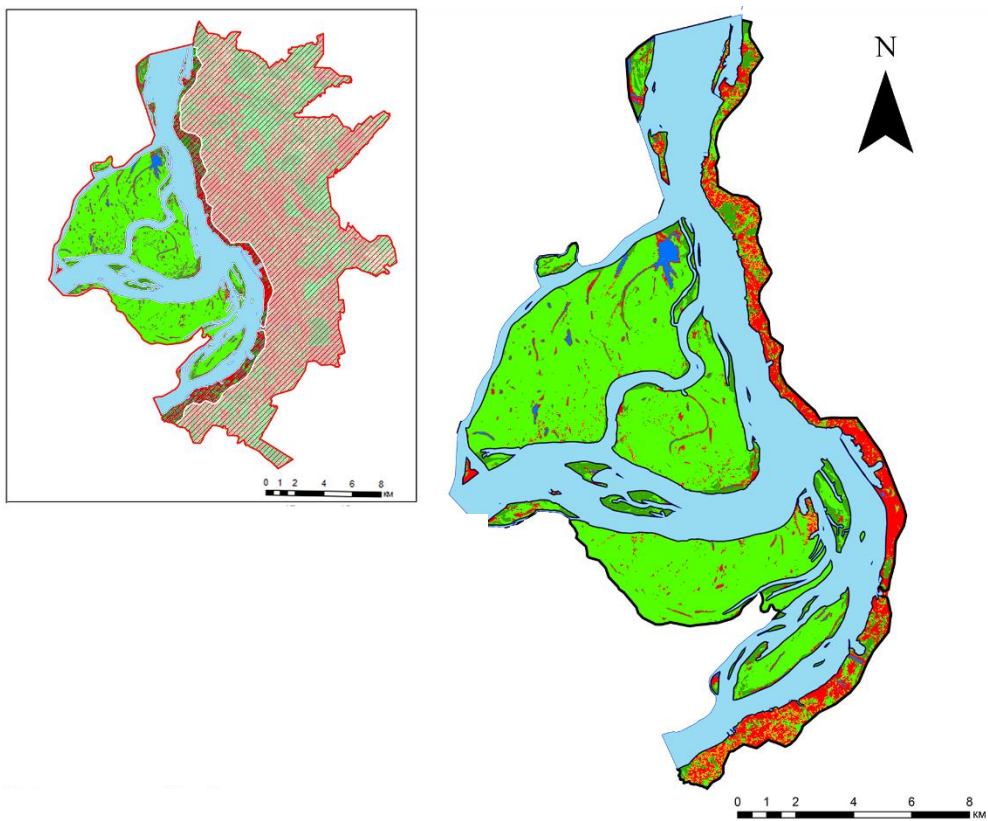


Рис. 5.10. Земельный покров приречных территорий Хабаровска.

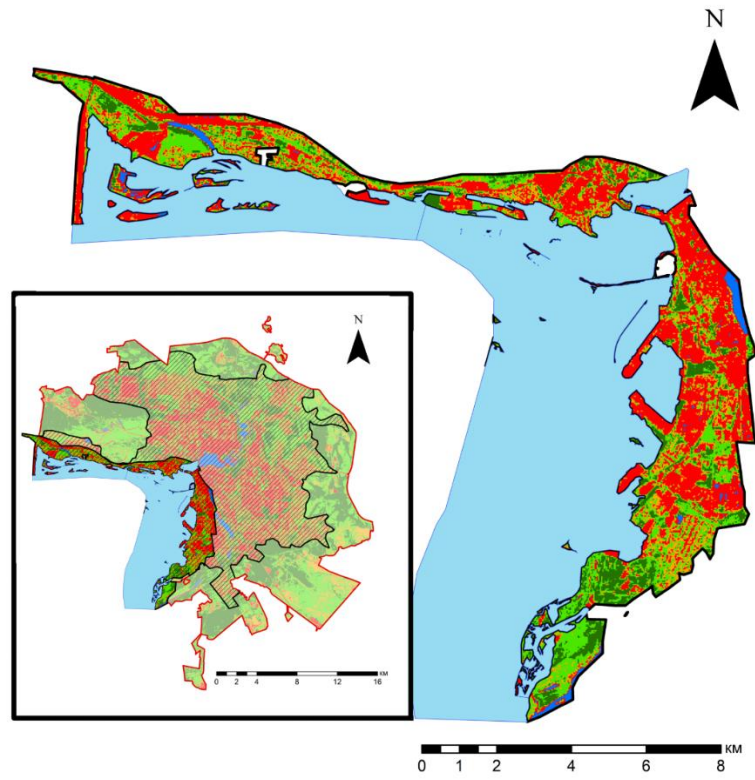


Рис. 5.11. Земельный покров приречных территорий Казани.

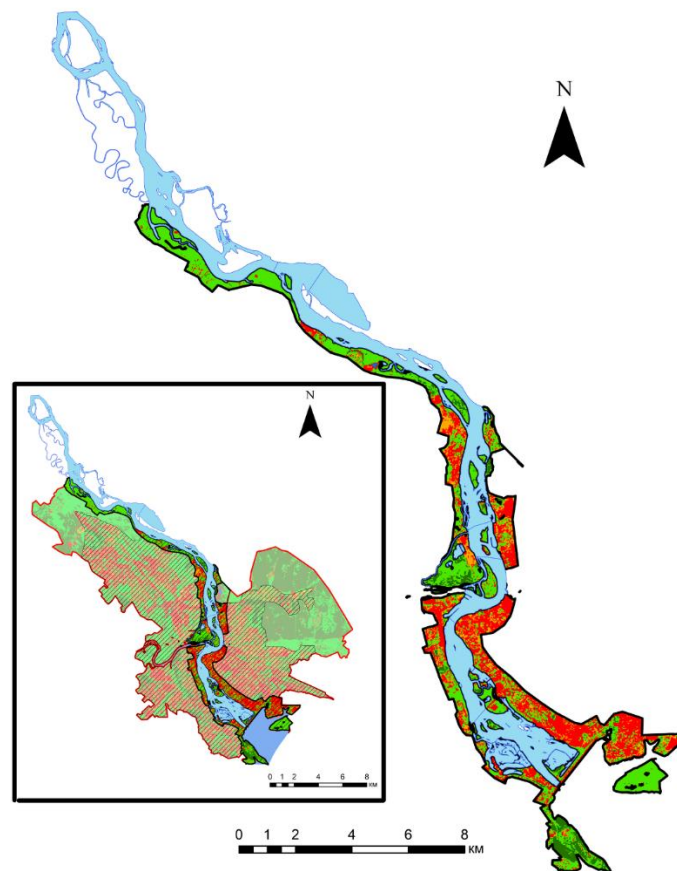


Рис. 5.12. Земельный покров приречных территорий Иркутска.

*Результаты оценки рекреационного потенциала зелёной инфраструктуры приречных территорий.*

В большинстве городов доля городских ПКА, расположенных в пределах ПРТ, не превышает 30%. Выше всего этот показатель в Самаре, Омске и Иркутске. В некоторых городах и самих ПКА относительно среднего значения немного – в Хабаровске, Ростове-на-Дону, Иркутске, Омске – и примечательно, что в последних двух около половины всех ПКА приурочено к реке, т.е. ПРТ в этих городах является сосредоточением большинства интересных объектов и достопримечательностей природно-культурного характера. Учитывая, что ПРТ в этих городах занимает менее 20% города, то плотность ПКА на ПРТ достаточно высокая (табл. 5.1). В Хабаровске и Ростове-на-Дону хоть на ПРТ и сосредоточено менее половины всех ПКА, их плотность на ПРТ всё равно выше, чем на остальной территории города (несмотря на то, что в Хабаровске культурно-деловой центр относительно удалён от реки).

Наблюдается также и обратная ситуация: в других городах, наоборот, достаточно много природно-культурных аттракторов – Нижний Новгород, Самара, Красноярск, Казань. Однако во всех этих городах, кроме Самары, доля ПКА на приречных территориях относительно невелика. В первую очередь, это может быть связано с тем, что Нижний Новгород, Казань и Красноярск сами по себе насыщены различными аттракторами и являются крупнейшими очагами притяжения туристов. По результатам оценок в СМИ, Нижний Новгород, Казань и Красноярск входят в десятку самых посещаемых городов России туристами во время отпусков и длительных выходных вне зависимости от сезона (РИА Новости, 2022), а Нижегородская область и Республика Татарстан также входят в десятку субъектов РФ с максимальной численностью граждан, размещённых в коллективных средствах размещения в 2018-2021 гг. (Федеральное агентство по туризму, 2022). Стоит учитывать, что при многодневных путешествиях по регионам туристы часто останавливаются в городах как в «пересадочных узлах» (это обычно административные центры, поскольку большая часть транспортных путей в субъектах проходит через них), в т.ч. не только из логистических соображений, но и с туристической целью (Sufahani, 2013; Михайлов, 2016).

Таблица 5.1. Природно-культурные аттракторы (ПКА) городов и их приречных территорий.

Город	Количество ПКА в городе, шт.	Количество ПКА на ПРТ, шт.	Доля ПКА ПРТ от всех ПА города, %	Преобладающий тип ПКА	Преобладающие ПКА
<i>Нижний Новгород</i>	343	107	31	Культурный	Культурно-исторические объекты, скверы, пляжи, ручьи
<i>Самара</i>	306	213	70	Рекреационно-оздоровительный	Пляжи, ключи, смотровые площадки, детские лагеря, вершины, места для пикника, кемпинг
<i>Красноярск</i>	215	65	30	Рекреационно-оздоровительный	Пляжи, скверы, горные вершины, детские лагеря
<i>Казань</i>	213	23	11	Культурный	Скверы, культурно-исторические объекты, пляжи
<i>Уфа</i>	156	46	29	Рекреационно-оздоровительный	Пляжи, ключи, смотровые площадки, детские лагеря, штольни
<i>Волгоград</i>	149	48	32	Флористический	Культурно-исторические объекты, скверы, пляжи, ручьи
<i>Омск</i>	108	62	57	Флористический	Скверы, смотровые площадки, детские лагеря, пляжи
<i>Иркутск</i>	97	40	41	Флористический	Скверы, парки, ручьи
<i>Ростов-на-Дону</i>	96	33	34	Рекреационно-оздоровительный	Пляжи, ручьи,
<i>Хабаровск</i>	64	25	39	Флористический	Скверы, смотровые площадки, места для пикника

Более того, Казань и Нижний Новгород сами по себе являются историко-культурными центрами России и могут самостоятельно привлекать туристов, а не быть, в первую очередь, транзитным узлом при путешествии по региону. В данном случае примечательно, что на ПРТ Нижнего Новгорода и Казани расположены

ключевые аттракторы города, например, Чкаловская лестница, канатная дорога над Волгой, Нижегородский кремль в Нижнем Новгороде; исторический район Старотатарская слобода, Казанский кремль, мечеть Кул Шариф, храм Всех Религий в Казани. Таким образом, река и ПРТ становятся в один ряд с этими ключевыми объектами основой визуальной идентичности города, несмотря на то, что доля природно-культурных аттракторов приречных территорий от всех ПКА города здесь относительно невелика. В отличие от большинства других городов, в данных городах ПКА и сами ПРТ могут считаться ключевыми местами посещения туристов на федеральном уровне за счёт своей культурно-исторической уникальности.

В Самаре имеется несколько уникальных ПКА с наиболее выдающимися объектами, приуроченными как раз к приречным территориям: пещера Братьев Грече, панорамная смотровая точка «Вертолётка», Самарская набережная и монумент «Ладья». Но в отличие от остальных городов со своими приречными природно-культурными аттракторами разной уникальности, рекреационная структура ПРТ Самары отличается наибольшим количеством пляжей. Речные пляжи в городе, в первую очередь, предназначены для локальной рекреации. Учитывая, что в городе в целом мало аттракторов, реку и приречные территории можно считать основным рекреационным объектом. Преобладание пляжей в аттрактивной структуре ПРТ определяет его специализацию как преимущественно рекреационную (в отличие от преимущественно туристической в Казани и Нижнем Новгороде) и используемую, в первую очередь, местным населением.

Ранжирование городов по площади приречных природно-рекреационных земель несколько отличается от доли природно-культурных аттракторов на приречных территориях. Так, например, Волгоград располагает наибольшими площадями для реальной и потенциальной рекреации, однако достаточно незначительная доля аттракторов лежит в пределах ПРТ. Аналогичная ситуация наблюдается в Хабаровске и Нижнем Новгороде. Это, в целом, свойственно городам с обширными озеленёнными пространствами вне зоны сплошной застройки, в которых включены мало освоенные острова и обширные поймы. На этих территориях немного или вообще нет аттракторов, но при этом они потенциально пригодны или реально используются для рекреации на природе. Рекреация на природе также преобладает на ПРТ городов, где большая часть природно-

культурных аттракторов представлена элементами зелёной инфраструктуры и велика площадь природно-рекреационных земель – Омск, Красноярск. Такие города, как Уфа, Ростов-на-Дону и Иркутск отличаются низкими значениями по обоим показателям – у их приречных территорий рекреация не является основной функцией.

Рекреационная ёмкость природно-рекреационных земель всего ПРТ определяется площадью этих земель, и в большинстве объектов исследования она составляет менее 5000 чел. В пределах приречных территорий внутри ЗСЗ этот показатель в среднем составляет 3000 чел., причём лучший показатель уже в Омске (4800 чел.), а наименее высокий в Ростове-на-Дону (200 чел.).

Необходимый объём рекреационных услуг для исследуемых городов, рассчитанный по данным Росстата о численности населения городов в 2021 г., представлен в таблице 5.2. На основе рассчитанной рекреационной ёмкости природно-рекреационных земель ПРТ (по рекомендации 2 чел./га, подробнее об этом см. п. 3.2.) было получено, сколько из необходимого для города объёма рекреационных услуг предоставляют природно-рекреационные территории ПРТ.

Таким образом, на природно-рекреационные земли внутри ЗСЗ на ПРТ приходится до 9% необходимого объёма рекреационных услуг ЗИ города, с наиболее высокими результатами в Омске, Волгограде, Иркутске и Красноярске. Наименьший вклад ЗИ ПРТ отмечен в Ростове-на-Дону, Уфе и Хабаровске. Если учитывать природно-рекреационные земли ПРТ вне зоны сплошной застройки, то приречная территория может обеспечивать до 50% необходимого объёма рекреационных услуг (в Волгограде), но, по-прежнему, играет незначительную роль в Ростове-на-Дону и Уфе. В целом, между размером приречных территорий и результатами вклада ПРТ в предоставление рекреационных услуг не всегда прослеживается зависимость. Так, например, наибольшие по размерам приречные территории у Хабаровска и Самары, однако их вклад не отличается наиболее высокими результатами. Напротив, в Нижнем Новгороде одно из самых маленьких по площади ПРТ, однако его вклад достаточно весомый. Необходимо понимать, что фактическая рекреационная ёмкость ЗИ всего города может превышать 100%. Например, если в Волгограде доля необходимого объёма рекреационных услуг, которую выполняет всё ПРТ города, равна 50%, это не значит, что остальные природно-рекреационные земли города

выполняют только оставшиеся 50% - они могут выполнять и больше, в зависимости от их площади.

Таблица 5.2. Необходимый объём рекреационных услуг для городов и вклад городских ПРТ в предоставление рекреационных услуг природно-рекреационными землями.

Город	Необходимый объём рекреационных услуг, предоставляемый рекреационно-природными землями города, чел.	Доля необходимого объёма рекреационных услуг города, обеспечиваемая природно-рекреационным и землями ПРТ внутри ЗСЗ, %	Доля необходимого объёма рекреационных услуг города, обеспечиваемая всеми природно-рекреационными землями ПРТ, %	Доля площади ПРТ от площади города, %
Омск	56300	9	9	15
Волгоград	50050	8	50	20
Иркутск	30862	8	10	17
Красноярск	55150	8	8	13
Нижний Новгород	61700	7	17	8
Самара	56850	6	31	22
Казань	62950	5	9	11
Хабаровск	30674	4	34	25
Уфа	56750	3	2	13
Ростов-на-Дону	56750	0,3	3	8

*Итоговая оценка.* Наибольший вклад зелёной инфраструктуры ПРТ в формирование городских экосистемных услуг отмечен в Самаре, Волгограде, Омске и Иркутске (табл. 5.3). На ПРТ этих городов приходится большая площадь городской ЗИ, в т.ч. древесной растительности, и природно-рекреационных земель. Таким образом, ПРТ данных городов выделяется на фоне города особой ценностью с точки зрения предоставления экосистемных услуг.

В Нижнем Новгороде и Красноярске ПРТ не отличается особым вкладом в формирование объёма городских экосистемных услуг по сравнению с остальной территорией города – на ПРТ ненамного больше зелёной инфраструктуры, природно-рекреационных земель или древесной растительности, а ПКА в значительной степени сконцентрированы в других частях города.

Наконец, в ряде городов – Казани, Уфе, Ростове-на-Дону и Хабаровске – вклад ПРТ в формирование объёма городских экосистемных услуг несколько ниже, чем у



остальной городской территории. Здесь общее озеленение ПРТ ниже, чем в среднем по городу, как и меньше ПКА или природно-рекреационных земель.

Примечательно, что более высокий вклад был выявлен у городов степной и лесостепной зоны (за исключением Ростова-на-Дону), тогда как в городах с наиболее благоприятными условиями для произрастания растительности (преимущественно зоны широколиственных лесов), напротив, отмечен незначительный вклад.

Подробнее процедура оценки и нормирования описана в п. 3.3.

Таблица 5.3. Группировка городов по вкладу ЗИ ПРТ в формирование экосистемных услуг.

№	Город	Доля ЗИ ПРТ от ЗИ города, %		Доля древесной растительности ПРТ от древесной растительности города, %		Индекс веса ЗИ ПРТ внутри ЗСЗ	Природно-культурные аттракторы на ПРТ от всех ПКА города, %	Доля необходимого объёма рекреационных услуг города, обеспечиваемая природно-рекреационными землями ПРТ, %		Общий балл (макс. 16)	Нормализованный балл	Вклад ЗИ ПРТ
		Всего ПРТ	Внутри ЗСЗ ПРТ	Всего ПРТ	Внутри ЗСЗ ПРТ			Всего ПРТ	Внутри ЗСЗ ПРТ			
1	Казань	14	14	14	40	-0,3	11	9	5	3	19	Незначительный
2	Нижний Новгород	8	14	17	50	0,5	31	17	7	9	56	Средний
3	Самара	27	18	17	42	0,1	70	31	6	11	69	Значительный
4	Уфа	16	14	20	53	0,3	29	2	3	6	38	Незначительный
5	Ростов-на-Дону	6	4	3	43	-0,3	34	3	<1	2	13	Незначительный
6	Омск	20	24	23	16	0,3	57	9	9	10	63	Значительный
7	Красноярск	12	23	28	54	0,2	30	8	8	9	56	Средний
8	Волгоград	42	17	35	25	0,4	32	50	8	12	75	Значительный
9	Иркутск	18	27	24	33	0,3	41	10	8	11	69	Значительный
10	Хабаровск	51	6	6	25	-0,3	39	34	4	5	31	Незначительный
	<b>Среднее значение</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>38</b>	<b>0,1</b>	<b>37</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>8</b>		
		Значительный = 2 балла		Средний = 1 балл		Незначительный = 0 баллов						

## 5.2. Приречные территории как «водно-зелёные» коридоры в городах

В естественных ландшафтах речные долины выполняют роль водно-зелёных коридоров, ключевую для обеспечения устойчивости экосистем. В городе данная роль рек и приречных территорий также частично сохраняется (Разгулова, 2015). Реки могут стать основой для создания практически непрерывных экологических коридоров, а не отдельных зелёных массивов на них – такие экологические коридоры обладают большинством свойств остальных элементов ЗИ, но помимо этого позволяют осуществляться естественному обмену вещества и энергии между зелёными ядрами, стабилизирующему экологический каркас, поддерживающему большинство природных процессов и обеспечивающему биоразнообразие (Chung, 2018). Более того, связность подразумевает не только связь между зелёными элементами, но и связь городской ЗИ с пригородными экосистемами. Оценка способности ЗИ и ПРТ в частности выполнять роль водно-зелёного коридора может проводиться при помощи расчёта её фрагментарности (набор индикаторов, характеризующих минимальный и средний размер, плотность, близость и др. зелёных «патчей» - сплошных зелёных участков) и непрерывности озеленённой полосы ПРТ (отношение длин непрерывных озеленённых пространств внутри зоны сплошной застройки к длине береговой линии внутри этой зоны) (Wang, 2022).

Для оценки способности ПРТ выполнять роль водно-зелёного коридора мы предположили, что если ПРТ – это водно-зелёный коридор, то 100% его площади – это полностью озеленённая зона; соответственно, реальный процент озеленённых территорий внутри ПРТ – это доля земель, потенциально поддерживающих и обеспечивающих биоразнообразие. В главе 3.1. были рассмотрены площадные показатели ЗИ внутри ПРТ в пределах и вне ЗСЗ. В городах, где ЗИ занимает менее 50% от общей площади ПРТ (Иркутск, Казань), ПРТ выполняют свою функцию водно-зелёного коридора, менее чем наполовину. Максимальные показатели (более 65%) выявлены в Хабаровске, Ростова-на-Дону и Омске), где большая часть ПРТ может выполнять роль водно-зелёного коридора. Внутри зоны сплошной застройки ПРТ является водно-зелёным коридором более чем на 60% только в Красноярске и Омске, а менее чем на 45% в Ростове-на-Дону, Казани, Самаре. Недостатком данного подхода является то, что он не учитывает непрерывность ЗИ (ведь отдельные изолированные малые зелёные элементы внутри ПРТ не формируют единого

коридора), поэтому данный результат характеризует потенциал к общему поддержанию биоразнообразия, нежели его обеспечению за счёт формирования экологического коридора.

*Результаты оценки по индикаторам фрагментарности.* Результаты оценки показывают, что ПРТ объектов исследования, включая ЗСЗ, в среднем состоят из 1400 зелёных патчей, с минимумом в Ростове-на-Дону (менее 400) и максимумом в Омске (2131). Для ЗСЗ это количество несколько меньше – от 400 (Ростов-на-Дону, Хабаровск) до 1500 (Омск, Красноярск). Количество патчей внутри ЗСЗ обычно больше из-за застройки и транспортных путей, разбивающих зелёные массивы, а также из-за элементов городского озеленения, которые тоже увеличивают показатели данного индикатора.

Средняя плотность патчей (пат.) на всей площади ПРТ составляет 20 пат./га, при максимальном значении в Красноярске и Омске (25-28 пат./га) и минимальном в Волгограде и Самаре (12-14 пат./га). Поскольку внутри ЗСЗ фрагментарность в целом выше, то и значения индикатора в среднем выше: от 19 в Волгограде до 45 в Нижнем Новгороде. Наиболее высокие показатели свойственны городам, где в пределах ЗСЗ практически нет крупных и протяжённых зелёных массивов (именно ЗИ, а не открытых общественных пространств, к которым могут относиться мало озеленённые набережные и скверы), которых, например, действительно достаточно много в пределах ЗСЗ Нижнего Новгорода.

*Средний размер патча во всех городах – 5 га, с максимальным значением 8 га в Волгограде и 7 га в Самаре и Нижнем Новгороде.* В первых двух городах такие размеры достигаются благодаря относительно целостным элементам ЗИ на островах, а в Нижнем Новгороде – за счёт обширной поймы левого берега Волги. В Хабаровске же значения не столь велики, несмотря на большие площади незастроенных островов из-за того, что они включают крупные незапечатанные участки, лишённые растительности. Поскольку эти природные территории не запечатаны и могут относиться к естественным ландшафтам, они также могут выполнять роль формирования естественных местообитаний и экологического коридора, несмотря на относительно низкие показатели индикаторов фрагментарности всего ПРТ.

*Средняя площадь территории вне краевого эффекта на всём ПРТ в исследованных городах составляет 2000 га, а внутри ЗСЗ – 600 га, с максимальным значением в Омске (1100 га), где большая доля этих территорий приходится на природный парк «Птичья гавань».*

При оценке всей площади ПРТ установлено, что крупнейшие патчи занимают более 30% площади ПРТ в Волгограде и Казани, а внутри ЗСЗ – в Казани и Самаре. В среднем же внутри и вне ЗСЗ на крупнейшие патчи приходится около 20% площади ПРТ городов. Меньше всего приречной зелёной инфраструктуры приходится на крупнейшие массивы в Уфе (менее 10%) и Нижнего Новгорода (13%) в пределах ЗСЗ. В некоторых городах доля, приходящаяся на крупнейшие патчи, выше внутри ЗСЗ, чем внутри административных границ города (Уфа, Самара, Иркутск). Это значит, что в этих объектах исследования ЗИ внутри ЗСЗ в значительной степени сосредоточена в одном элементе. С точки зрения средоформирующих функций, такая концентрация и целостность зелёного элемента являются положительными характеристиками ПРТ. Однако, ЗСЗ – это часть города и ПРТ, наиболее населённая и посещаемая гражданами. Концентрация ЗИ в одном месте указывает на неравномерность озеленения ПРТ в разных его частях (табл. 5.4).

Таблица 5.4. Отклонения значений показателей фрагментарности от средних значений по исследованным городам в процентах и оценка фрагментарности по относительным друг другу значениям с приведением к нормализованному баллу в процентах для ПРТ в пределах ЗСЗ.

Города	NP	PD	MPA	ED	LPI	TCA	ENN	PAR	Общий балл (макс. 16)	Нормализованный балл
Нижний Новгород	49	-73	75	-67	41	47	62	-80	12	75
Иркутск	-24	-38	25	11	-18	11	-5	5	11	69
Красноярск	-59	-12	25	15	36	-55	-4	5	10	63
Ростов-на-Дону	70	17	0	9	27	68	-12	12	9	56
Омск	-97	0	0	10	27	-94	-1	3	9	56
Уфа	46	19	-25	11	18	42	-29	15	8	50
Хабаровск	54	27	-25	13	-9	43	-5	11	6	38

Волгоград	-40	27	-25	-2	-9	-61	1	6	6	38
Казань	1	23	-25	4	-50	-11	-6	12	5	31
Самара	0	23	-25	-4	-45	10	1	11	5	31
<b>Среднее значение</b>	852	26	4	114	22	571	78	1110		
Для значений показателей: <b>красный цвет</b> – значения «хуже» среднего более чем на 20%; <b>зелёный цвет</b> – значения «лучше» среднего более чем на 20%; <b>жёлтый цвет</b> – значения близки к среднему. Для общих и нормализованных баллов: <b>красный цвет</b> – наиболее низкие результаты; <b>зелёный цвет</b> – наиболее высокие результаты; <b>жёлтый цвет</b> – «средние» результаты.										

Наибольший разброс значений по метрикам фрагментарности выявлен у следующих показателей: средний размер патча (от 6 га в Казани до 1 га в Нижнем Новгороде), плотность (от 19 пат./га в Хабаровске до 45 пат./га в Нижнем Новгороде) и количество патчей (от 430 пат. в Нижнем Новгороде до 1700 пат. в Омске), площадь вне краевого эффекта (от 180 га в Ростове-на-Дону до 1106 га в Омске), индекс крупнейшего патча (от 13 в Нижнем Новгороде до 35 в Казани). Наиболее разительные положительные (Нижний Новгород, Иркутск, Красноярск) и отрицательные (Хабаровск, Волгоград, Казань) отклонения от средних по этим метрикам в основном характерны для одних городов, что и позволяет выявить наименее и наиболее фрагментированные ПРТ.

Как было подробнее описано в п.4.3, приречная зелёная инфраструктура неравномерно распределена между элементами разного размера. Данный показатель частично характеризуют две классовые метрики фрагментарности: индекс крупнейшего патча и средний размер патча; и один патчевый показатель фрагментарности – площадь патчей. В половине рассмотренных городов зелёная инфраструктура приходится на крупные элементы (более 100 га) (рис. 5.13 – а), причём этих крупных объектов как правило меньше 5. В Нижнем Новгороде наиболее крупный патч – это левобережная пойма Волги, в Самаре – леса на Сокольных горах в Красноглинском районе, в Омске – природный парк «Птичья гавань», в Красноярске – острова Татышев и Молокова, и в Волгограде – острова Сарпинский и Сарептский. С точки зрения сохранения биоразнообразия, формирования ценных местообитаний и спектра средорегулирующих услуг, такая форма распределения приречной зелёной инфраструктурой может считаться позитивной. Однако для максимальной эффективности таких крупных массивов со значительными площадями вне краевого эффекта (около 500 га) им следует присуждать статус особо охраняемых природных территорий, который среди приведённых примеров крупных приречных зелёных элементов имеется только у

«Птичьей гавани» в Омске. С другой стороны, малые элементы зелёной инфраструктуры ближе и доступней для населения, а потому выполняют больше культурных (в т.ч. рекреационных) услуг. Такая ситуация наблюдается как раз в Казани, Уфе, Иркутске, Ростове-на-Дону и Хабаровске (рис. 5.13 – б).

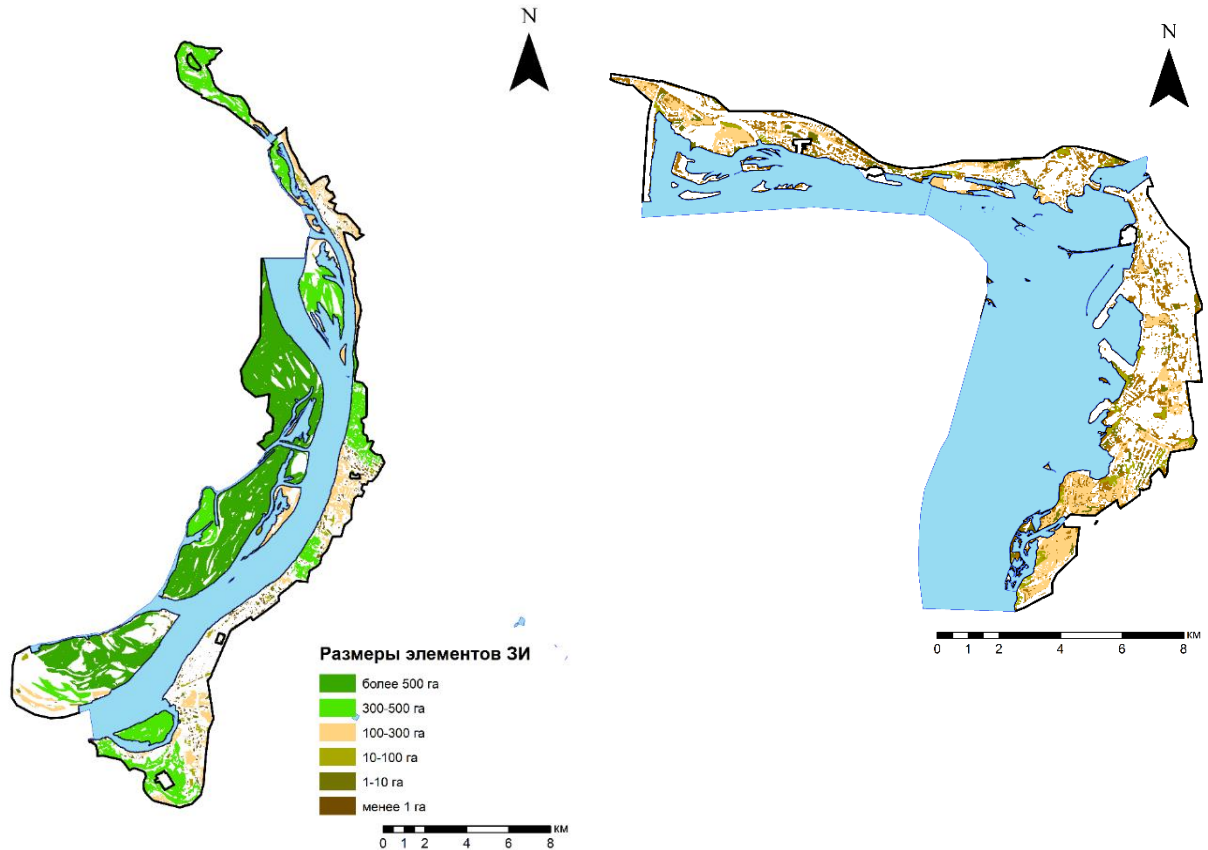


Рис. 5.13 (а). Размер элементов ЗИ в Самаре. Пример преобладания крупных патчей.

Рис. 5.13 (б). Размер элементов ЗИ в Самаре. Пример преобладания средних и малых патчей.

Если сравнить результаты по индикаторам фрагментарности с результатами оценки преобладающих функциональных зон на ПРТ городов в пределах ЗСЗ, то выявляются следующие сочетания: действительно, *города с наилучшими результатами ПРТ по фрагментарности относительно экосистемной устойчивости и сохранения видового биоразнообразия во многом совпадают с городами, где на ПРТ преобладают природно-рекреационные зоны*. Так Нижний Новгород, Красноярск и Омск, отнесённые к типу с ПРТ, где в границах ЗСЗ преобладают природно-рекреационные зоны, то зелёная инфраструктура этих городов и наименее фрагментирована внутри зоны сплошной застройки. Наименее фрагментированные ПРТ также у Иркутска и Ростова-на-Дону, и у первого доля природно-рекреационных зон на ПРТ ЗСЗ также достаточно велика (более 45%).

Исключением является только Ростов-на-Дону, с крайне малой долей природно-рекреационных земель.

*Аналогично совпадают города, на ПРТ которых преобладают промышленные и специальные зоны или где достаточно мало природно-рекреационных зон, с городами наиболее фрагментированных ПРТ внутри ЗСЗ.*

Среди таких городов Казань и Хабаровск; в Самаре и Волгограде природно-рекреационные зоны занимают менее 40% от ПРТ внутри ЗСЗ. ПРТ городов, где преобладают жилые зоны, действительно по большей части характеризуются большей фрагментарностью, поскольку эти жилые зоны включают в себя придомовое озеленение, выступающее патчами меньших размеров и большего количества. Так ПРТ Ростова-на-Дону и Уфы, с наибольшей долей жилых и деловых зон (82% и 59% соответственно), отличаются высокими показателями фрагментарности по количеству и плотности патчей. В Самаре и Волгограде, где также преобладают на ПРТ внутри ЗСЗ жилые и деловые функциональные зоны, высокая степень фрагментарности ЗИ по показателям среднего размера патча (для жилых зон характерны малые элементы), плотность патчей (ЗИ много, но она разбита на малые патчи) и индекса крупнейшего патча (крупнейший элемент ЗИ не занимает значительной площади ПРТ и несильно отличается от остальных патчей по размеру, что также характерно для территорий, с преобладанием озеленённых жилых пространств).

Выделенные ПРТ включают в себя обширные жилые, производственные и деловые участки города, а поскольку в городе ПРТ играют не только экологическую, но и социально-культурную роль, необходимо учитывать наиболее крупные приближенные к реке площади – часто целые кварталы. Более того, во многих случаях пойма может быть слишком узкой для её дешифрирования по ЦМР или космическим снимкам с пространственным разрешением не более 30 x 30 м. Однако, для определения роли ПРТ как экологического и биологического коридора, предложено отдельно определить степень озеленения 200-метрового буфера главной реки, что соответствует размеру водоохраной зоны рек такого размера и что особенно важно для околводных птиц и приречных местообитаний, выполняющих функции очистки воды. (рис. 5.14).



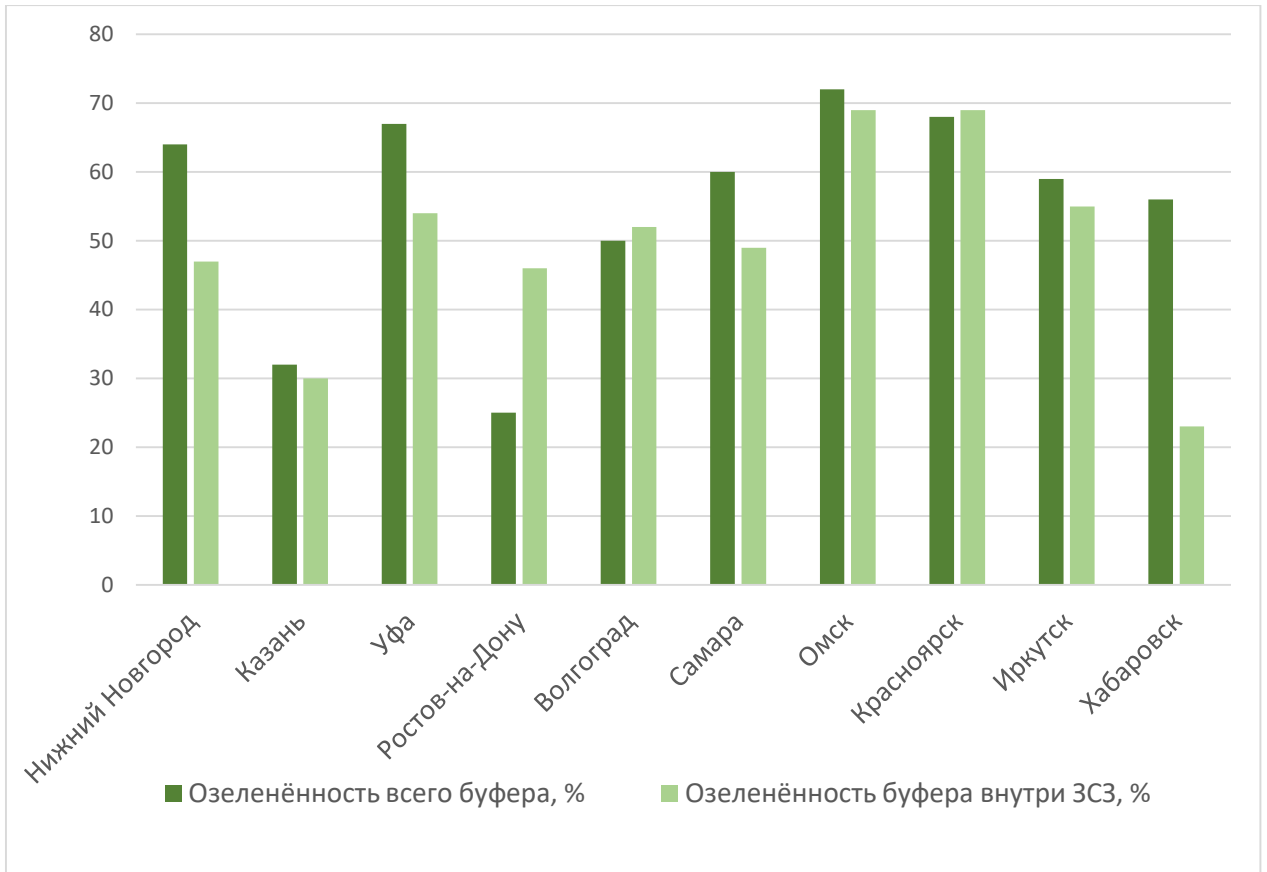


Рис. 5.14. Степень озеленения 200-метрового буфера главной реки города.

В наибольшей степени озеленены 200-метровые буферы главных рек Омска, Красноярска, Уфы и Нижнего Новгорода – более 60%. Меньше всего доля ЗИ в буферах Казани и Ростова-на-Дону, хотя у последнего озеленённость буфера внутри ЗСЗ значительно выше, т.е. основная часть зелени приходится на элементы ЗИ внутри ЗСЗ, а не НА «зелёный пояс», который в Ростове-на-Дону представлен преимущественно сельскохозяйственными угодьями. Внутри ЗСЗ достаточно высокое озеленение 200-метрового буфера реки отмечено также в Омске и Красноярске. Так, можно предположить, что наиболее протяжённым водно-зелёным коридором вдоль реки владеют именно эти два города, две трети площади которых занято ЗИ. Обратная ситуация, где водно-зелёный коридор практически не сформирован, наблюдается в Хабаровске и Казани, где общая озеленённость буфера не превышает 40%. В остальных городах доля ЗИ буфера близка к 50%, что ещё недостаточно для формирования полноценного водно-зелёного коридора, однако на основе такого каркаса можно создать единый коридор путём соединения более крупных элементов ЗИ малыми.

*Итоговая оценка.* По результатам итоговой оценки приречные пространства только в двух городах: Омске и Красноярске (табл. 5.5) можно считать условными водно-зелёными коридорами. В Казани, Ростове-на-Дону и Хабаровске ПРТ, напротив, меньше всего похожи на водно-зелёные коридоры, тогда как в остальных городах на ПРТ уже есть сравнительно слабо фрагментированная зелёная основа, и они могут быть преобразованы в водно-зелёные коридоры.

Несмотря на то, что реки и долины считаются в ландшафте ключевыми экологическими коридорами, в городах, как показывают результаты, эта функция долины не всегда сохраняется. Реки действительно остаются в городе коридорами между разными районами – по выровненным поверхностям нижних высотных уровней долины (первым надпойменным террасам) часто проходят транспортные пути (в особенности железнодорожные и автомобильные трасы вдоль набережных) и пешеходные маршруты по непрерывным набережным. Однако именно «зелёные» функции коридор ПРТ выполняет не всегда в силу значительного освоения территорий и, как следствие, фрагментарности ЗИ. Даже неудобные для строительства участки ПРТ в результате остаются изолированными, что мешает ПРТ в полной мере выполнять связующую роль водно-зелёного коридора.

В результате, можно определить следующие особенности выполнения приречными территориями в крупных городах функций водно-зелёного коридора:

- 1) В большинстве городов именно на приречных пространствах сохраняется наиболее целостная и наименее трансформированная зелёная инфраструктура, которая может являться осью зелёного каркаса города;
- 2) Приречные пространства, являясь частью речной долины, часто состоят из больших площадей неудобных для застройки земель даже внутри зоны сплошной застройки, что делает их практически единственными защищёнными от освоения территориями внутри плотно застроенного центра города. Именно эта их особенность позволяет создавать на основе зелёной инфраструктуры ПРТ водно-зелёный коридор или диаметр города;
- 3) В большинстве исследованных городов зелёная инфраструктура внутри зоны сплошной застройки является слабо или средне фрагментированной. Наиболее фрагментированная ЗИ свойственна степным городам и городам с большой долей

промышленных и специальных функциональных зон на приречных пространствах;

- 4) Общая высокая озеленённость приречного пространства - такое же необходимое условие для формирования водно-зелёного коридора, как и низкая фрагментарность;
- 5) На приречных пространствах городов с преобладанием благоустроенных элементов зелёной инфраструктуры и культурных экосистемных услуг, как правило, реже формируется водно-зелёный коридор в силу их малых размеров и значительной дисперсности по территории;
- 6) В каждом городе наблюдается одна из двух ситуаций: либо преобладают малодоступные и неблагоустроенные элементы ЗИ, которые могут формировать условный водно-зелёный коридор; либо водно-зелёный коридор не сформирован, зато ПРТ насыщены большим количеством относительно малых по размеру благоустроенных элементов ЗИ с растительностью неестественного происхождения. Интерпретация данных результатов фрагментарности зависит от цели исследования. *С одной стороны, из более фрагментированной зелёной инфраструктуры в условиях города формируются менее устойчивые местообитания с ограниченным набором экосистемных услуг. Однако, более дисперсная зелёная инфраструктура, состоящая из множества малых элементов, распределена по территории более равномерно, что важно с точки зрения доступности для населения.* Также множество малых элементов ЗИ предоставляет больше экосистемных услуг для прилегающих городских территорий, согласно одной стороне дискуссии SSFL (Several Small or Few Large – «Много маленьких или немного больших») (Fahrig, 2020; Deane, 2020; Vega, 2021).

Таблица 5.5. Группировка городов по роли ПРТ как водно-зелёного коридора.

№	Город	Общая оценка фрагментарности	Доля ЗИ от площади ПРТ, %		Степень озеленения 200-метрового буфера реки, %		Общий балл (макс. 10)	Водно-зелёный коридор
			Всего ПРТ	Внутри ЗСЗ ПРТ	Всего ПРТ	Внутри ЗСЗ ПРТ		
1	<i>Казань</i>	31	42	34	32	30	0	Не выполняет
2	<i>Нижний Новгород</i>	75	56	47	64	47	7	Может выполнять
3	<i>Самара</i>	31	62	47	60	49	5	Может выполнять
4	<i>Уфа</i>	50	67	50	67	54	7	Может выполнять
5	<i>Ростов-на-Дону</i>	56	68	36	25	46	4	Не выполняет
6	<i>Омск</i>	56	67	68	72	69	9	Выполняет
7	<i>Красноярск</i>	63	60	62	68	69	9	Выполняет
8	<i>Волгоград</i>	38	60	45	50	52	4	Может выполнять
9	<i>Иркутск</i>	69	42	54	59	55	7	Может выполнять
10	<i>Хабаровск</i>	38	77	25	56	23	1	Не выполняет
	<b>Средние значения</b>	<b>51</b>	<b>60</b>	<b>47</b>	<b>55</b>	<b>49</b>		

## ВЫВОДЫ

1. В городах, располагающихся в нижнем бьефе водохранилища или на свободной реке, приречные территории низкого берега представлены широкими поймами; высокого – поймами и склонами надпойменной террасы. Приречные территории городов, расположенных в верхнем бьефе водохранилищ, включают в себя подступающие к самому водохранилищу надпойменные террасы. Все типы островов также являются частью приречных территорий.
2. Более 50% площади приречных территорий в рассмотренных городах находится внутри зоны сплошной застройки и представляет собой уже техногенные комплексы, для которых характерны урбозёмы и в разной степени деградации зональные почвы, а также элементы искусственного озеленения. Наименее трансформированный почвенно-растительный покров на ПРТ сохраняется на поймах низких берегов и пойменных островах, который представлен преимущественно урёмной и луговой растительностью на антропогенно-преобразованных аллювиальных почвах.
3. Использование индекса топографической влажности (TWI) для выделения ПРТ во многих случаях является необъективным в силу значительной дисперсности значений пикселей (практически не формируются сплошные ареалы близких значений аккумуляции воды). Определение ПРТ по показателю «глубины долины» наиболее трудноосуществимо на обширных поймах из-за незначительного перепада высот на большой площади (Нижний Новгород, Ростов-на-Дону) и плотно-застроенных участках города, где по ЦМР не всегда возможно достоверно определить высоту поверхности из-за высотных зданий.
4. Для оценки ландшафтно-экологического состояния приречной зелёной инфраструктуры использовалось 9 количественных и 4 качественных показателя, характеризующих основную функцию ПРТ в городе, вклад зелёной инфраструктуры ПРТ в формирование городских экосистемных услуг и степень выполнения приречными территориями транзитной роли.
5. Для приречных территорий рассматриваемых городов характерна «периферийная» модель зелёной инфраструктуры, где большая часть

растительности сохранилась на городских окраинах, часто удаленных от зоны сплошной застройки и приуроченных к неудобным для освоения территориям.

6. Преобладающая функция приречной зелёной инфраструктуры в рассмотренных городах определяется соотношением на ПРТ функциональных зон, наличием и типом природно-культурных аттракторов, размерностью объектов зелёной инфраструктуры, долей древесной и недревесной растительности. По этому признаку города образуют три группы: с выраженным доминированием культурной (Казань, Самара, Волгоград), экологической (Красноярск, Омск, Иркутск), деловой (Хабаровск, Ростов-на-Дону) и без выраженного доминирования одной из них – смешанную группу (Нижний Новгород, Уфа).
7. Интерпретация показателей фрагментарности сложна. Во-первых, для многих метрик отсутствуют референтные значения, которые позволяли бы оценивать фрагментарность как высокую или низкую. Во-вторых, фрагментарность одних и тех же территорий разные метрики могут характеризовать как положительно, так и отрицательно. Таким образом, для наиболее точной оценки фрагментарности необходимо рассчитывать несколько классовых метрик.
8. Водно-зелёный коридор сформирован только в двух городах из десяти – Омске и Красноярске. Сами реки как водотоки действительно связывают между собой районы города и пригороды, но в силу значительного освоения и высокой фрагментарности входять в состав водно-зеленого коридора могут не все участки ПРТ. Даже неудобные для строительства территории часто остаются изолированными, что не позволяет приречной ЗИ в полной мере выполнять связующую роль.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы было выделено два блока индикаторов для оценки состояния и вклада ЗИ ПРТ в формирование объёма ЭУ города в крупных городах России. Всего данные индикаторы включали около 13 показателей, характеризующих степень озеленения ПРТ, расположение и характер элементов ЗИ, фрагментарность ЗИ ПРТ, характер и количество природно-культурных аттракторов на ПРТ, а также площади ЗИ, пригодной для рекреации на приречных пространствах. Первый блок индикаторов позволяет оценить вклад ЗИ ПРТ в формирование объёма экосистемных услуг, использовании индекса веса и распределении ПКА по городу. Второй блок оценивает роль городского ПРТ как водно-зелёного коридора по результатам о фрагментарности, а также по степени озеленения всего ПРТ и 200-метрового буфера реки в частности.

Утверждённая в национальном проекте методика расчёта индекса комфортности городской среды использует только 5 показателей ЗИ, которые не позволяет учитывать пространственную дифференциацию городского озеленения и фактически отражают «среднее» значение по площади города. В данной работе были использованы индикаторы, позволяющие оценить степень озеленённости ПРТ как внутри административных границ, так и внутри ЗСЗ, а сама ЗИ дифференцирована по качеству, в зависимости от своей степени фрагментарности и растительного состава.

Предлагаемый автором метод выделения городских приречных пространств учитывает дуалистическую природу этого объекта исследования: функциональные (т.е. социокультурные, хозяйственные) аспекты городского пространства и вместе с тем ландшафтные (геоморфологические) особенности речной долины. Данный алгоритм был выполнен с использованием исключительно открытых геопропространственных данных, что является необходимым условием для проведения такого рода исследований на городском уровне в масштабах страны, где полевые исследования уступают по скорости и экономичности выполнения этой оценки (хотя и безусловно являются более точными).

Для достижения устойчивого развития города и комфортной городской среды можно рекомендовать делать неосвоенные озеленённые территории более

доступными для населения с учётом соблюдения санитарных и благоустроительных мероприятий, при этом развивать ЗИ на ПРТ не только по «остаточному» принципу (на землях, которые больше не для чего не пригодны), а с учётом существующих нормативов по городскому озеленению (например, стандарт ВОЗ – не менее 9 м<sup>2</sup> ЗИ на человека): озеленять дворы жилых зон ПРТ, набережные и участки культурных аттракторов. Для малых элементов ЗИ обеспечить связность путём озеленения связующих улиц, создания бульваров и скверов, а также частично натурализовать данные объекты. Таким образом, создать единый водно-зелёный коридор вдоль всей реки внутри города.

В городе река формирует особое социокультурное и геоэкологическое пространство. Одной стороны, это своеобразные элементы ЗИ: набережные, бечевники и пляжи, приречные леса и островные экосистемы, а с другой – промышленные, портовые и специализированные, также уникальные для города зоны. Даже жилые кварталы вдоль реки отличаются от других жилых районов города привязанной к линиям рельефа планировкой, открытостью, проветриваемостью, организацией дорожного движения. По этой причине рационально совмещать геоморфолого-геоэкологические и социокультурные подходы как к выделению ПРТ, так и к оценке его состояния и вклада в формирование устойчивой городской среды. В данной работе в основном был рассмотрен лишь один, пусть и крайне важный, элемент ПРТ – зелёная инфраструктура, которая включает и искусственное озеленение, и сохраняющиеся естественные приречные экосистемы. За счёт большой площади на ПРТ неудобных для освоения земель, они остаются в значительной степени озелененными даже внутри ЗСЗ, а, следовательно, являются экологическим резервом города, который для максимальной эффективности стоит благоустраивать и поддерживать.



**СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Абдрахманов Р.Ф. Карст на территории г. Уфы и его активизация под влиянием техногенеза //Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи. – 2016. – С. 114-119.
2. Акимова М.И. Влияние природного ландшафта на формирование исторических центров городов Западной Сибири //Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2016. – №. 12. – С. 92-101.
3. Безруких В.А. Геолого-геоморфологические и почвенные условия окрестностей г. Красноярска //Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2015. – 136 с.
4. Алексеевский Н.И. и др. Подобие рек и их систем //Водные ресурсы. – 2013. – Т. 40. – №. 6. – С. 531-531.
5. Барышников В.И., Камалов В. Г. Структурно-геоморфологическая карта как основа районирования Уфимского «полуострова» по инженерно-геологическим условиям //Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах: Матер. Международн. симп. – 2015. – С. 26-29.
6. Барышников Н.Б., Чалов Р.С. Пойма и пойменные процессы //СПб., Изд-во РГТМУ. – 2006. – 137 с.
7. Березина Е.А. Ландшафтная реконструкция долин малых рек в г. Новосибирске //Региональные архитектурно-художественные школы. – 2015. – №. 1. – С. 92-96.
8. Битюкова В.Р. Интегральная оценка экологической ситуации городов России //Региональные исследования. – 2014. – №. 4. – С. 49-57.
9. Блонская Л.Н., Зотова Н. А. Ассортимент древесной растительности в балансе территорий различных категорий пользования г. Уфы //Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2014. – №. 1. – С. 80-82.
10. Бредихин А.В. Эстетическая оценка рельефа при рекреационно-геоморфологических исследованиях //Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2005. – №. 3. – С. 7-13.
11. Буданова М.Г. Флора сосудистых растений города Омска //Автореферат дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2003.

12. Булгакова Е.А., Коробейникова А.Е. Приемы эффективного проектирования на пойменных территориях с учетом особенностей формирования биоклиматического комфорта в структуре крупных городов // Проблемы взаимодействия науки и общества: сборник научных статей. Выпуск 27. – Уфа: Аэтерна, 2016. – 233-237 с.
13. Буруль Т.Н., Чумаченко А.С. Оценка состояния древесных насаждений в Центральном районе города Волгограда // Грани познания. – 2015. – №. 8. – С. 59-66.
14. Варава О.А., Прокофьева Т.В. Особенности почв городских речных долин на примере Москвы-реки // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2007. – №. 3. – С. 12-20.
15. Владимиров В.В., Микулина Е.М., Яргина З.Н. Город и ландшафт:(проблемы, конструктивные задачи и решения). – Москва: Мысль, 1986. – 240 с.
16. Волкова Е.М. Исторические особенности формирования архитектурного облика старинных улиц Нижнего Новгорода // Приволжский научный журнал. – 2019. – №. 2. – С. 106-112.
17. Воробьёв В.В. Иркутская область: экологические условия развития. Атлас. – М.: Иркутск, 2004. – 92 с.
18. Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок / Гос. ком. СССР по лесн. хоз-ву и др. – М., 1987. – 33 с.
19. Голубев Г.Н. Основы геоэкологии. Учебник. – Изд-во «Проспект», 2013. – 401 с.
20. Гордиенко О.А., Манаенков И.В., Агапов И.А. Морфологические особенности почв поймы реки Ельшанка в условиях урботехногенеза // Природные системы и ресурсы. – 2021. – Т. 11. – №. 1. – С. 35-41.
21. Горелова Ю.Р., Высоцкая Н.В. Ландшафтная составляющая образа Омска: история и современность // Издаётся по решению Учёного совета Российского научно-исследовательского института культурного и природного наследия имени Д.С. Лихачёва Редакционная коллегия: д-р ист. наук ДА Алисов (отв. ред.). – 2021. – С. 49.

22. Горнова Г.В. Конфликтность городской идентичности: визуальные аспекты // Праксема. Проблемы визуальной семиотики. – 2020. – №. 3. – С. 27-40.
23. Гусев В.В., Бортников М.П., Таланов А.Г. Геоморфология территории города Самара // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18. – №. 5-3. – С. 425-429.
24. Гусева С.Е. Эволюционная модель исторической планировочной системы города Ростова-на-Дону // Архитектон: известия вузов. – 2021. - № 1(73). – С. 1-10.
25. Дамешек Л. М. Русские в Приангарье // Иркутск в панораме веков. – 2002. – С. 5-12.
26. Дедова И.С., Мелихова Е.В. Степень сохранности ландшафтов малых степных рек в условиях крупного города (на примере г. Волгограда) // Тридцатое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – 2015. – С. 132-133.
27. Дьяченко Н.П., Дедова И.С., Агишева Н.Р. Степень преобразования рельефа долины р. Сухая Мечетка // Изучение, сохранение и восстановление естественных ландшафтов. – 2015. – С. 199-202.
28. Едренкина В.А. Флора и растительность зеленой зоны города Уфы: влияние человека и задачи охраны: дис. – Башкир. гос. ун-т, 2005.
29. Ефимов Д.Ю. Растительность Усть-Илимского водохранилища и его прибрежных территорий: дис. – Институт леса им. ВН Сукачева Сибирского Отделения Российской Академии Наук, 2009.
30. Жумадилов Б.З. Экологическая характеристика биоты интразонального пойменного лесолугового ландшафта долины реки Иртыш // Безопасность городской среды. – 2021. – С. 155-162.
31. Захарченко Е.К., Царёв В.И. Набережная сибирского города: этапы формирования (на примере г. Красноярск) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – №. 5 (64). – С. 9-28.
32. Зуева К.В. Ландшафтный урбанизм как подход в градостроительстве // Архитектурные исследования. – 2019. – № 3 (19). – С. 38-43.
33. Иванников Ф.А., Прокофьева Т.В. Техногенные почвоподобные тела речной долины и их трансформация в условиях города (на примере долины р. Москвы)

- //Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. – 2010. – №. 4. – С. 10-15.
34. Иванчук А.С., Лучкова В.И. Функционально-типологическое исследование приречных территорий г. Хабаровска //Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2015. – №. 1. – С. 399-404.
35. Ивашкина И.В. Экологическая стратегия ревитализации долины реки Москвы //Экология речных бассейнов. – 2018. – С. 182-193.
36. Игнатенкова В.А. Проблематика прибрежных территорий реки Ангары в пределах Иркутской агломерации: эволюция изменений (конец XVII в.-начало XXI в.) //Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2021. – Т. 11. – №. 4 (39). – С. 704-715.
37. Илларионова О.А., Климанова О.А. Трансформация "зеленой инфраструктуры" в крупных городах Южной Америки //Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2018. – №. 3. – С. 23-29.
38. Ильина В.Н. О современном состоянии растительного покрова горы Тип-Тяв (Соколы горы, Самарская область) //Вопросы степеведения. – 2010. – Т. 8. – С. 26-33.
39. Ильина В.Н., Митрошенкова А.Е. Особенности флоры и растительности долины реки Сок в нижнем течении в условиях антропогенной трансформации //Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-экономических систем. – 2018. – С. 105-112.
40. Исаченко Г.А. Ландшафтный анализ сети особо охраняемых природных территорий России// Комплексные географические исследования природоохранных территорий. Петрозаводск, Изд-во КГПУ, 2001, 3-12 с.
41. Исяньюлова Р.Р., Ишбирдина Л.М. Оценка фитоценологических показателей растительных сообществ лесопарка им. Лесоводов Башкортостана и парка им. мажита Гафури г. Уфа //Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2013. – №. 4. – С. 121-125.
42. Кавалаяускас П. Методические основы оптимизации системы охраняемых природных территорий / П. Кавалаяускас. - 1982. - С. 31-33.

43. Кагарманов И.Р., Латыпова А.А. Естественное возобновление тополей на намывах песка //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13. – №. 1-4. – С. 993-995.
44. Кадацкая О.В., Санец Е.В., Овчарова Е.П. Системообразующая роль гидрографической сети в организации природного каркаса города //Природопользование. – 2020. – №. 1. – С. 39-47.
45. Кайсарова Е.А. Особенности планировочной организации и оценка перспектив водно-зеленых диаметров городов //Инновационные технологии в строительстве и ЖКХ-основа формирования городской среды. – 2020. – С. 26-29.
46. Каракова Т.В. Стилевая дифференциация композиционно-пространственной среды набережной городского округа Самара //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17. – №. 1-1. – С. 14-17.
47. Китаев А.Б. Влияние гидрологических условий на качество воды рек Иньвы и Кувы в районе города Кудымкара (по микробиологическим показателям) //Географический вестник. – 2015. – №. 2 (33). – С. 17-21.
48. Ковалева Г.Н. Состояние рекреационных пространств в г. Волгограде на современном этапе и их влияние на социокультурную жизнь города //Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. – 2010. – №. 19. – С. 163.
49. Ковзик Н.А. Экологические особенности прибрежной и околородной растительности территорий, испытывающих антропогенную нагрузку, на примере города Гомеля //Географические проблемы сбалансированного развития староосвоенных регионов. – 2013. – С. 33-36.
50. Ковязин В.Ф. Основы лесного хозяйства и таксация леса. – СПб: Лань, 2012. – 432 с.
51. Козловский Б.Л., Куропятников М.В., Федоринова О.И. Эколого-биологическая характеристика древесных растений урбанофлоры Ростова-на-Дону //Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. – 2011. – Т. 4. – №. 2. – С. 38-43.
52. Кочуров Б.И., Ивашкина И.В. Урболандшафты Москвы и их пространственная трансформация //Экология урбанизированных территорий. – 2015. – №. 2. – С. 48-54.

53. Краснощёкова Н.С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов. – Москва: Изд-во «Архитектура» – 2010. – 183 с.
54. Кузьмина Т.В. Комплексное благоустройство территорий. – Тюмень: Изд-во «Международный институт инновационного образования». – 2020. – 90 с.
55. Кулакова С.А., Мишланова Ю.Л. Малые реки города: рекомендации по благоустройству долин //Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы. – 2020. – С. 172-176.
56. Куприянов В.Н., Агишева И.Н. Проблемные территории Казани в учебном проектировании в КГАСУ //Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2011. – №. 14. – С. 229-236.
57. Литвинцева Н.А., Дорофеева Н.Н. Антропогенная трансформация рельефа на примере города Хабаровска //Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Тихоокеанский государственный университет, 2020. – Т. 3. – С. 395-401.
58. Махинов А.Н. Эоловые формы рельефа в пойме реки Амур //Геоморфология. – 2017. – №. 2. – С. 52-62.
59. Махинов А.Н. Физическая география Хабаровского края. – Хабаровск: Приамурские Ведомости, 2003. – 160 с.
60. Меньшикова Е.А. Речные осадки в условиях техногенного воздействия //Современные наукоемкие технологии. – 2010. – №. 7. – С. 183-185.
61. Минигазимов Н.С., Хайдаршина Э.Т., Куантаева А.А. Оценка уровня загрязнения почв города Уфы //Российский электронный научный журнал. – 2019. – №. 1 (31). – С. 56.
62. Мининзон И.Л. Флора Нижнего Новгорода / Нижний Новгород: НОНО, 2019. – 184 с.
63. Михайлов А.Ю., Попова Е.Л., Гайворонский И.Л. Влияние урбанизации на социально-экономические аспекты транспортной и туристической отраслей региона //Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22. – №. 10 (141). – С. 203-211.

64. Морозова Г.Ю., Дебеляя И.Д. Формирование комфортной городской среды на примере Хабаровска //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2017. – Т. 19. – №. 2-1. – С. 144-150.
65. Москаленко И.А. Этапы формирования набережной и спусков города Ростова-на-Дону //Инженерный вестник Дона. – 2018. – №. 4 (51). – С. 266.
66. Мямина И.С., Аверина Л.В. Влияние крепости XVIII века на планировку и застройку городского округа Самара //Россия-Казахстан: приграничное сотрудничество, музейно-туристический потенциал, проекты и маршруты к событиям мирового уровня. – 2016. – С. 81-88.
67. Назаренко О.В. Оценка региональных изменений метеорологических показателей и их влияния на уровень грунтовых вод (на примере г. Ростова-на-Дону) //Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №. 5. – С. 549-549.
68. Назаренко О.В., Назаренко В. В. Развитие оползней в г. Ростове-на-Дону //Экологические проблемы промышленных городов. – 2011. – С. 261-263.
69. Невидомов А.М., Невидомова-Малаха Е. В. Ассоциации пойменных дубрав Нижегородского Поволжья //Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2002. – №. 2. – С. 1-17.
70. Николаев, В.А. Основы учения об агроландшафтах / В. А. Николаев // Агроландшафтные исследования: методология, методика, региональные проблемы. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – С. 3–57.
71. Омаров Р.С., Шинкаренко С.С., Кошелева О.Ю. Геоморфологические особенности территории Волгограда как базовые характеристики, влияющие на "городской остров тепла" //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – №. 1 (57). – С. 147-158.
72. Остапенко М.С. Актуальные проблемы реализации проектов развития территории города (на примере Ростова-на-Дону) //Российские регионы в фокусе перемен: сборник докладов. Том 2 – Екатеринбург, 2022. – С. 312-314.
73. Платонычева Ю.Н., Савина А.В. Оценка загрязнения почвенного покрова парков Нагорной части Нижнего Новгорода //Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – №. 2. – С. 14-18.

74. Пойдина Т.В. Возникновение и развитие садово-паркового строительства в сибирских городах (на примере Барнаула, Томска, Омска) //Ползуновский вестник/гл. ред. ВВ Евстигнеев. – 2006. – №. 4. – С. 319-324.
75. Пономарев А.А., Байбаков Э.И., Рубцов В.А. Экологический каркас: анализ понятий //Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. – 2012. – Т. 154. – №. 3. – С. 228-238.
76. Попов В.В. Интересные встречи птиц на острове Конном и в его окрестностях в 2014 г. (р. Ангара, Иркутск) //Байкальский зоологический журнал. – 2014. – №. 2. – С. 71.
77. Прокопова Л.В. Фитоценозы поймы Среднего Дона //ВЕСТНИК. – 2011. – №. 4. – С. 24.
78. Прохоренко Н.Б., Усманова Н.Р. Фитоценотическое разнообразие и экологическая оценка парковой растительности г. Казань //Экология и география растений и растительных сообществ — Екатеринбург, 2018. – С. 760-764.
79. Пыжьянова М.С., Пыжьянов С. В. Околоводные птицы островов р. Ангары в пределах г. Иркутска //Природные резерваты-гарант будущего. – 2017. – С. 211-214.
80. Разгулова А.М. Экокоридор в рамках мегаполиса как элемент преодоления экологических барьеров // Наука, образование и экспериментальное проектирование. – 2015. – С. 228-232.
81. Романова А.Ю. Трансформация идеи: от" идеального города" к" городу будущего" // Architecture and Modern Information Technologies. – 2015. – №. 1 (30). – С. 1-22.
82. Рудакова О.Н. Модели визуального восприятия архитектурно-пространственных и композиционных качеств застройки прибрежных территорий //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – №. 8. – С. 80-85.
83. Рулев А.С. и др. Картографирование ландшафтной структуры пойменных экосистем Нижней Волги (на примере острова Сарпинский) //Научная жизнь. – 2017. – №. 11. – С. 48-56.



84. Рунова Е.М., Аношкина Л.В. МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ ДЕРЕВЬЕВ РОДА POPULUS, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОЗЕЛЕНЕНИИ ГОРОДОВ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 11-1. – С. 66-71.
85. Рябовол С. Растительность г. Красноярска // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №. 1. – С. 325-325.
86. Садковская О.Е. Архитектурно-планировочная организация ландшафтов зарегулированных рек малых и средних городов юга России // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. – 2010. – №. 1. – С. 1-7.
87. Садковская О.Е. Градостроительное развитие территории левобережной части города Ростова-на-Дону на основе концепций экоурбанизма // Architecture and Modern Information Technologies. – 2017. – №. 3 (40). – С. 227-242.
88. Сафина Г.Р., Федорова В.А. Развитие урбандиафтов на овражно-балочном рельефе как способ преодоления дефицита территорий в пределах города (на примере Казани) // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». – 2018. – Т. 28. – №. 3. – С. 308-313.
89. Свод принципов комплексного развития городских территорий. Книга 1 / КБ «Стрелка», 2019. – 298 с.
90. Сенатор С.А., Соловьева В.В. Материалы к флоре поймы р. Самара (Куйбышевский район г. Самара) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2020. – Т. 29. – №. 3. – С. 126-133.
91. Сидоренко М.В. Перспективы организации городских зеленых коридоров в Минске (Беларусь) // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2015. – №. 43. – С. 138-142.
92. Смелова С.С., Захарченко Ю.Ю. Геоморфология " Протопоповского" оползня в долине реки Оки (на территории города Коломны Московской области) // Экология и строительство. – 2018. – №. 4. – С. 11-17.
93. Соколов В.Е., Филонов К.П., Нухимовская Ю.Д., Шадрин Г.Д. Экология заповедных территорий России. - М.: Янус-К, 1997.- 576 с.
94. Старобина А., Трофимова К. Стандарт благоустройства объектов инфраструктуры отдыха в городе Москве. Книга 3. Стандарт благоустройства зон отдыха у воды – [Электронная версия] Режим доступа:

[https://www.mos.ru/upload/documents/files/4128/RIOT\\_Standart\\_Kniga\\_3\\_Red\\_06042017\\_.pdf](https://www.mos.ru/upload/documents/files/4128/RIOT_Standart_Kniga_3_Red_06042017_.pdf) - (Дата обращения: 20.03.2020).

95. Стукалов Г.В. Исторические циклы развития Уфы. Довоенный генеральный план, заложивший основу функционально-планировочной структуры города Уфы //Известия Международной академии аграрного образования. – 2014. – №. 20. – С. 58-61.2.
96. Судаков А.В., Новицкий С.Л., Моников С.Н. Волжские острова в границах г. Волгограда: природные условия и хозяйственно-рекреационный потенциал //Псковский регионологический журнал. – 2015. – №. 22. – С. 18-30.
97. Сучков Д.К. «Зелёное кольцо» Волгограда – лесопарковый или лесокультурный ландшафт //Концепции фундаментальных и прикладных научных исследований. – 2016. – С. 54-59.
98. Сычева А.В. Ландшафтная архитектура: Учебное пособие для вузов // Москва: Изд-во «ОНИКС». – 2004. – Т. 21. – 110 с.
99. Филонов К.П. Развитие концепции заповедного дела в СССР//Тез.докл.Всесоюзн.сов. «Заповедники СССР – их настоящее и будущее. Ч.1 Актуальные вопросы заповедного дела. Новгород, 1990. С.325-328.
100. Филюшкин А. и др. История России до конца XVII века. – Москва: Издательство Юрайт, 2015. — 582 с.
101. Фирсова Н.В., Клепиков О.В. Исследование влияния речной сети на ветровой режим городов (на примере городов Воронежской области) //Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. – №. 11. – С. 16-23.
102. Фирсова Н.В. Урбогеосистемы Центрально-Черноземного региона: ландшафтная структура, типология, оптимизация землепользования : дис. – Воронеж, 2012.
103. Фридман Б.И., Манаева Н.В. Ландшафтно-геоморфологическая характеристика оползневых ландшафтов Окско-Волжского Нижегородского откоса //Геоморфология. – 2011. – №. 3. – С. 73-84.
104. Хныкина М.А. Геоморфология малых рек среднего течения реки Енисей в пределах города Красноярска //География и геоэкология на службе науки и инновационного образования. – 2016. – С. 83-85.

105. Холенко М.С., Семенищенков Ю.А., Харин А.В. Разнообразие растительных сообществ, формируемых инвазионным видом *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. в речных поймах города Брянска //Разнообразие растительного мира. – 2019. – №. 2 (2). – С. 45-58.
106. Цорик А.А. Архитектурно-художественная идентичность природных территорий в городской среде //Приволжский научный журнал. – 2021. – №. 3. – С. 149-154.
107. Цыренова Д.Ю., Касаткина А.П. Экологическая структура флоры прибрежных отмелей реки Амур вблизи Хабаровска (Нижний Амур) //Ученые записки Забайкальского государственного университета. Серия: Биологические науки. – 2013. – №. 1 (48). – С. 58-72.
108. Чалов Р.С. Морфология, деформации, временные изменения русла р. Лены и их влияние на хозяйственную инфраструктуру в районе г. Якутска //Геоморфология. – 2016. – №. 3. – С. 22-35.
109. Чалов Р.С. Русловые процессы (русловедение) // Москва: Инфра-М. – 2016. – С. 564.
110. Чирков В.Ф. Архитектонические принципы пространства места //Омский научный вестник. – 2005. – №. 4 (33). – С. 83-87.
111. Швец О.В., Крадин Н.П. Рельеф и его влияние на особенности планировочной структуры Дальневосточных городов //Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Тихоокеанский государственный университет, 2012. – Т. 1. – С. 619-623.
112. Шпанова Д. С. История города Уфы //Материалы студенческого научного кружка" Человек. Общество. Современность". – 2015. – С. 63-63.
113. Экология города Казани. – Казань: Изд-во Фэн Академии наук РТ, 2005. – 576 с.
114. Яровой Б.П. Архитектурный силуэт Иркутского деревянного кремля в городском ландшафте. Предварительные опыты графической, макетной реконструкции и компьютерного моделирования с привязкой к историческому местоположению //Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2021. – Т. 11. – №. 1 (36). – С. 192-203.

115. Abshirini E., Koch D. Rivers as integration devices in cities //City, Territory and Architecture. – 2016. – Vol. 3. – №. 1. – P. 1-12.
116. Adegun O.B. Green infrastructure in relation to informal urban settlements //Journal of Architecture and Urbanism. – 2017. – Vol. 41. – №. 1. – P. 22-33.
117. Ahern J. Greenways as a planning strategy //Landscape and urban planning. – 1995. – Vol. 33. – №. 1-3. – P. 131-155.
118. Almeida C. et al. Exploring the potential of urban park size for the provision of ecosystem services to urban centres: A case study in São Paulo, Brazil //Building and Environment. – 2018. – VOL. 144. – P. 450-458.
119. Alves A. et al. Assessing the Co-Benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management //Journal of environmental management. – 2019. – Vol. 239. – P. 244-254.
120. Asad R. Structuring urban sustainability with water: a case of Kamrangir Chor, Dhaka, Bangladesh //Journal of Social and Development Sciences. – 2012. – Vol. 3. – №. 8. – P. 293-303.
121. Asakawa S., Yoshida K., Yabe K. Perceptions of urban stream corridors within the greenway system of Sapporo, Japan //Landscape and urban planning. – 2004. – Vol. 68. – №. 2-3. – P. 167-182.
122. Bacci L. et al. Thermohygro-metric conditions of some urban parks of Florence (Italy) and their effects on human well-being //trees. – 2003. – VOL. 6. – P. 49.
123. Bathrellos G. D. et al. Urban flood hazard assessment in the basin of Athens Metropolitan city, Greece //Environmental Earth Sciences. – 2016. – VOL. 75. – №. 4. – P. 319.
124. Beninde J., Veith M., Hochkirch A. Biodiversity in cities needs space: a meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation //Ecology letters. – 2015. – VOL. 18. – №. 6. – P. 581-592.
125. Bertaud A. The spatial structures of Central and Eastern European cities //The urban mosaic of post-socialist Europe. – Physica-Verlag HD, 2006. – P. 91-110.
126. Cançado V. et al. Flood risk assessment in an urban area: Measuring hazard and vulnerability //11th International conference on urban drainage, Edinburgh, Scotland, UK. – 2008. – P. 1-10.

127. Che, Y., Yang, K., Chen, T., Xu, Q. (2012). Assessing a riverfront rehabilitation project using the comprehensive index of public accessibility. *Ecological Engineering*, 40, 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.12.008>
128. Chin A., Gregory K. From research to application: Management implications from studies of urban river channel adjustment // *Geography Compass*. – 2009. – Vol. 3. – №. 1. – P. 297-328.
129. Chou, R. J. (2016). Achieving successful river restoration in dense urban areas: Lessons from Taiwan. *Sustainability (Switzerland)*, 8(11), <https://doi.org/10.3390/su8111159>.
130. Chung, L., Zhang, F., & Wu, F. Negotiating green space with landed interests: The urban political ecology of greenway in the Pearl River Delta, China // *Antipode*, 2018, 50(4), pp. 891–909.
131. Deane D. C. et al. Quantifying factors for understanding why several small patches host more species than a single large patch // *Biological Conservation*. – 2020. – Vol. 249. – P. 108711.
132. Demuzere M. et al. Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure // *Journal of environmental management*. – 2014. – Vol. 146. – P. 107-115.
133. Diamond, J.M. Island biogeography and conservation: Strategy and limitations. *Science*, 193, 1976, 1027–1029 pp.
134. Dijkstra L. et al. Applying the degree of urbanisation to the globe: A new harmonised definition reveals a different picture of global urbanisation // *Journal of Urban Economics*. – 2021. – Vol. 125. – P. 103312.
135. Dijkstra L., Poelman H., Veneri P. The EU-OECD definition of a functional urban area. – 2019.
136. Dufour S., Piégay H. From the myth of a lost paradise to targeted river restoration: forget natural references and focus on human benefits // *River research and applications*. – 2009. – Vol. 25. – №. 5. – P. 568-581.
137. European Environment Agency (EEA). Spatial analysis of green infrastructure in Europe – EEA Technical report. – Luxembourg: Publication House of EEA. – 2014. - №. 2. – 53 p.

138. Everard M., Moggridge H.L. Rediscovering the value of urban rivers //Urban Ecosystems. – 2012. – Vol. 15. – №. 2. – P. 293-314.
139. Fahrig L. Why do several small patches hold more species than few large patches? //Global Ecology and Biogeography. – 2020. – Vol. 29. – №. 4. – P. 615-628.
140. Farrugia S., Hudson M. D., McCulloch L. An evaluation of flood control and urban cooling ecosystem services delivered by urban green infrastructure //International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management. – 2013. – Vol. 9. – №. 2. – P. 136-145.
141. Fashae O.A. et al. Landuse and surface water quality in an emerging urban city //Applied Water Science. – 2019. – Vol. 9. – №. 2. – 25 p.
142. Feriotto M. The regeneration of London's Docklands: New riverside Renaissance or catalyst for social conflict? – Università degli Studi di Padova, 2015. – p. 116.
143. Ghofrani Z., Sposito V., Faggian R.A comprehensive review of blue-green infrastructure concepts //International Journal of Environment and Sustainability. – 2017. – Vol. 6. – №. 1.
144. Grafius D.R., Corstanje R., Harris J.A. Linking ecosystem services, urban form and green space configuration using multivariate landscape metric analysis //Landscape ecology. – 2018. – Vol. 33. – №. 4. – P. 557-573.
145. Green Infrastructure Evidence Base: Green Infrastructure Concepts and Definitions. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gievidencebase.botanicgardens.sa.gov.au/contents/green-infrastructure-concepts-and-definitions>. – (Дата обращения: 24.12.2020).
146. Grimm N.B. et al. Global Change and the Ecology of Cities // Science. – 2008. - № 319. – P. 756-760.
147. Guneroglu N. et al. Green corridors and fragmentation in South Eastern Black Sea coastal landscape //Ocean & coastal management. – 2013. – Vol. 83. – P. 67-74.
148. Gunn C.A. et al. Development of Criteria for Evaluating Urban River Settings for Tourism-Recreation Use. Texas Water Resources Institute and Texas Agricultural Experiment Station //Bulletin MP-1139. College Station, Texas: Texas A&M University. – 1974.

149. Guo Q., Correa C.A. The impacts of green infrastructure on flood level reduction for the Raritan river: Modeling assessment //World Environmental and Water Resources Congress 2013: Showcasing the Future. – 2013. – P. 367-376.
150. Han H., Li H., Zhang K. Urban water ecosystem health evaluation based on the improved fuzzy matter-element extension assessment model: Case study from Zhengzhou City, China //Mathematical Problems in Engineering. – 2019.
151. Hathway E A., Sharples S. The interaction of rivers and urban form in mitigating the Urban Heat Island effect: A UK case study //Building and Environment. – 2012. – Vol. 58. – P. 14-22.
152. Helzer C. J., Jelinski D.E. The relative importance of patch area and perimeter–area ratio to grassland breeding birds //Ecological applications. – 1999. – Vol. 9. – №. 4. – P. 1448-1458.
153. Hermida M.A. et al. Methodology for the assessment of connectivity and comfort of urban rivers //Cities. – 2019. – Vol. 95. – P. 102376.
154. Huang L. et al. Scale impacts of land cover and vegetation corridors on urban thermal behavior in Nanjing, China //Theoretical and applied climatology. – 2008. – Vol. 94. – №. 3-4. – P. 241-257.
155. Juval, P.P.D. Self-organization and the city. J. East Asia Int. Law 2000,5, 495–510.
156. Karr J.R. Defining and measuring river health // Freshw. Biol. – 1999/ - № 41. – P. 221–234.
157. Kozak D. et al. Blue-Green Infrastructure (BGI) in Dense Urban Watersheds. The Case of the Medrano Stream Basin (MSB) in Buenos Aires //Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – №. 6. – P. 2163
158. Kubat A.S. The morphological history of Istanbul //Urban Morphology. – 1999. – Vol. 3. – P. 28-40.
159. Lepczyk C.A. et al. Biodiversity in the city: fundamental questions for understanding the ecology of urban green spaces for biodiversity conservation //BioScience. – 2017. – Vol. 67. – №. 9. – P. 799-807.
160. Li F. et al. Green infrastructure practices simulation of the impacts of land use on surface runoff: Case study in Ecorse River watershed, Michigan //Journal of environmental management. – 2019. – Vol. 233. – P. 603-611.
161. Little C.E. Greenways for america. – London: JHU Press. – 1995. – 237 p.

162. Lokoshchenko M.A., Erukova E.A. Urban Heat Island in Moscow Derived from Satellite Data //Russian Meteorology and Hydrology. – 2020. – Vol. 45. – №. 7. – P. 488-497.
163. Loomis J.B. Comparing households' total economic values and recreation value of instream flow in an urban river //Journal of Environmental Economics and Policy. – 2012. – Vol. 1. – №. 1. – P. 5-17.
164. Maciukenaite J., Povilaitienė I. The Role of the River in the City Centre and its Identity //Journal of sustainable architecture and civil engineering. – 2013. – Vol. 4. – №. 5. – P. 33-41.
165. Manteghi G., Mostofa, T., Hanafi, Z. Microclimate Field Measurements in Melaka Waterbodies. – 2018. – Vol. 7 – P.543–547.
166. Mell I.C. Can green infrastructure promote urban sustainability? //Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability. – Thomas Telford Ltd, 2009. – Vol. 162. – №. 1. – P. 23-34.
167. Mell I.C. et al. Promoting urban greening: Valuing the development of green infrastructure investments in the urban core of Manchester, UK //Urban forestry & urban greening. – 2013. – Vol. 12. – №. 3. – P. 296-306.
168. Mello S. There is a city on the riverside //Proceedings of the 7th International Space Syntax Symposium. Eds. D. Koch, L. Marcus, J. Steen. Stockholm: KTH. Ref. – 2009. – P. 1-12.
169. Muhammed A., Elias E. Class and landscape level habitat fragmentation analysis in the Bale mountains national park, southeastern Ethiopia //Heliyon. – 2021. – Vol. 7. – №. 7. – P. 07642.
170. Murakawa S. et al. Study of the effects of a river on the thermal environment in an urban area //Energy and buildings. – 1991. – Vol. 16. – №. 3-4. – P. 993-1001.
171. National Research Council Riparian Areas: Functions and Strategies for Management. – 2002. – Washington, DC: The National Academies Press. – 448 p.
172. Nielsen A.B. et al. Spatial configurations of urban forest in different landscape and socio-political contexts: identifying patterns for green infrastructure planning //Urban ecosystems. – 2017. – Vol. 20. – №. 2. – P. 379-392.
173. Norris R.H., Thoms M.C. What is river health? Freshw. Biol. 1999,41, 197–209.



174. O'Donnell E.C. et al. International perceptions of urban blue-Green infrastructure: a comparison across four cities //Water. – 2021. – Vol. 13. – №. 4. – P. 544.
175. Piedelobo L. et al. Assessment of Green Infrastructure in Riparian Zones Using Copernicus Programme //Remote Sensing. – 2019. – Vol. 11. – №. 24. – P. 2967.
176. Pinto U., Maheshwari B.L. River health assessment in peri-urban landscapes: an application of multivariate analysis to identify the key variables //Water Research. – 2011. – Vol. 45. – №. 13. – P. 3915-3924.
177. Post D.M., Pace M.L., Hairston N. G. Ecosystem size determines food-chain length in lakes //Nature. – 2000. – Vol. 405. – №. 6790. – P. 1047-1049.
178. Qiao, J., et al. Synergetic development assessment of urban river system landscapes // Sustainability. – 2017. – № 9(2145). – P. 1–15.
179. Ritcher M. Applied urban ecology: global framework. – Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2012. – 235 p.
180. Rocha, V., Londero, L., Kalil, R., Tiepo, C. The urban planning guided by indicators and best practices: Three case studies in the south of Brazil. Lifelong Learning and Education in Healthy and Sustainable //Cities. – 2018. – P. 87–101. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-69474-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-69474-0_5).
181. Rybka A., Mazur R. The river as an element of urban composition //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – Vol. 45. – P. 00077.
182. Salat S., Bourdic L. Spatial growth and urban densities in China-trends and impacts on economic and energy efficiency //International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development. – 2014. – Vol. 5. – №. 2. – P. 100-108.
183. Salici A. Greenways as a sustainable urban planning strategy // Advances in Landscape Architecture. – IntechOpen. – 2013. – P. 645-660.
184. Santiago L. et al. Valuing urban tropical river recreation attributes using choice experiments //Environment and Natural Resources Research. – 2016. – Vol. 6. – №. 2. – P. 128-135.
185. Scholes L. et al. Urban rivers as pollutant sinks and sources: a public health concern for recreational river users? //Water, Air, & Soil Pollution: Focus. – 2008. – Vol. 8. – №. 5-6. – P. 543-553.
186. Shi S., Kondolf G.M., Li D. Urban River Transformation and the Landscape Garden City Movement in China //Sustainability. – 2018. – Vol. 10. – №. 11. – P. 4103.

187. Silva J.B., Serdoura F., Pinto P. Urban rivers as factors of urban (dis) integration //42nd ISOCARP congress. – 2006. – P. 1-14.
188. Silva J.M.C., Wheeler E. Ecosystems as infrastructure //Perspectives in Ecology and Conservation. – 2017. – Vol. 15. – №. 1. – P. 32-35.
189. Singh D.S. Concept of Rivers: An Introduction for Scientific and Socioeconomic Aspects //The Indian Rivers. –Singapore: Springer, 2018. – P. 1-23.
190. Singh D.S. Rivers of Ganga Plain: boon/bane //EJ Earth Sci India. – 2009. – P. 1-10.
191. Sufahani S.F., Ismail Z., Muhammad M. An analysis of international tourist behavior towards tourism sector in Kelantan //Prosiding Seminar Kebangsaan Aplikasi Sains and Matematik. – 2013.
192. Thorne C.R. et al. Overcoming uncertainty and barriers to adoption of Blue-Green Infrastructure for urban flood risk management //Journal of Flood Risk Management. – 2018. – Vol. 11. – P. 960-972.
193. United States Environmental Protection Agency (EPA). Enhancing sustainable communities with green infrastructure. – 2014. – 61 p.
194. Vega K.A., Küffer C. Promoting wildflower biodiversity in dense and green cities: The important role of small vegetation patches //Urban Forestry & Urban Greening. – 2021. – Vol. 62. – P. 127165.
195. Voskamp I.M., Van de Ven F.H.M. Planning support system for climate adaptation: Composing effective sets of blue-green measures to reduce urban vulnerability to extreme weather events //Building and Environment. – 2015. – Vol. 83. – P. 159-167.
196. Wang Q. et al. Effects of urban agglomeration and expansion on landscape connectivity in the river valley region, Qinghai-Tibet Plateau // Global Ecology and Conservation, 2022, 34, pp. 02004.
197. Wang Z. et al. Identification of Industrial Land Parcels and Its Implications for Environmental Risk Management in the Beijing–Tianjin–Hebei Urban Agglomeration //Sustainability. – 2019. – Vol. 12. – №. 1. – P. 174.
198. Webb B.W., Zhang Y. Spatial and seasonal variability in the components of the river heat budget //Hydrological processes. – 1997. – Vol. 11. – №. 1. – P. 79-101.
199. Wu L. et al. Impacts of land use change on river systems for a river network plain //Water. – 2018. – Vol. 10. – №. 5. – P. 609.

200. Xu H., Zhao G. Assessing the Value of Urban Green Infrastructure Ecosystem Services for High-Density Urban Management and Development: Case from the Capital Core Area of Beijing, China //Sustainability. – 2021. – Vol. 13. – №. 21. – P. 12115.
201. Yang B., Lee D. Urban green space arrangement for an optimal landscape planning strategy for runoff reduction //Land. – 2021. – Vol. 10. – №. 9. – P. 897.
202. Young H.S. et al. The roles of productivity and ecosystem size in determining food chain length in tropical terrestrial ecosystems //Ecology. – 2013. – Vol. 94. – №. 3. – P. 692-701.
203. Yu Z. et al. How can urban green spaces be planned for climate adaptation in subtropical cities? //Ecological Indicators. – 2017. – Vol. 82. – P. 152-162.
204. Yuhua Z. Research of Urban River Health Assessment Model // Journal of Water Resources and Ocean Science, Vol. 5 (4), 2016, pp. 47-52
205. Zhang F.L., Liu J.L., Yang Z.F. Ecosystem health assessment of urban rivers and lakes for six lakes in Beijing //Acta Ecologica Sinica. – 2005. – Vol. 25. – №. 11. – P. 3019-3027.
206. Zhou D. et al. Satellite remote sensing of surface urban heat islands: progress, challenges, and perspectives //Remote Sensing. – 2019. – Vol. 11. – №. 1. – P. 48.
207. Zipkin E.F., DeWan A., Andrew Royle J. Impacts of forest fragmentation on species richness: a hierarchical approach to community modelling //Journal of Applied Ecology. – 2009. – Vol. 46. – №. 4. – P. 815-822.
208. Официальный сайт МИА «Россия сегодня» РИА Новости. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ria.ru/20210907/otpusk-1748979713.html> (Дата обращения: 04.06.2022).
209. Официальный сайт Минстроя России. Электронный ресурс: Институт развития городов Башкортостана]. (Дата обращения: 03.06.2022).
210. Официальный сайт Федерального агентства по туризму [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tourism.gov.ru/contents/analytics/statistics/chislennost-grazhdan-rossiyskoy-federatsii-razmeshchennykh-v-kollektivnykh-sredstvakh-razmeshcheniya/> (Дата обращения: 04.06.2022).

211. Сайт Конструкторского бюро «Стрелка». Проект «Экономика городов-миллионников: право на развитие». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://media.strelka-kb.com/gdpcities> (Дата обращения: 01.07.2022).
212. Climate Data, 2022. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.climate-data.org/> (Дата обращения: 01.10.2022).
213. European Centre for River Restoration (ECRR). Restoration Techniques. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.therrc.co.uk/manual-river-restoration-techniques> (Дата обращения: 16.12.2020)
214. Population Reference Bureau (PRB). World Population Data Sheet, 2022. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://2022-wpds.prb.org/wp-content/uploads/2022/09/2022-World-Population-Data-Sheet-Booklet.pdf> (Дата обращения: 01.10.2022).
215. United Nations Development Program (UNDP). Goal 11: Sustainable cities and communities. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals/goal-11-sustainable-cities-and-communities.html> (Дата обращения: 16.12.2020)
216. United Nations Habitat. What is a city? [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/06/city\\_definition\\_what\\_is\\_a\\_city.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/06/city_definition_what_is_a_city.pdf) (Дата обращения: 01.10.2022).
217. Urban Sustainability Exchange. The Madrid Rio Project. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://use.metropolis.org/case-studies/the-madrid-rio-project#casestudydetail> (Дата обращения: 16.12.2020).